BAJO UN CIELO BLANCO

Cómo los humanos estamos creando la naturaleza del futuro

ELIZABETH KOLBERT

Autora de *La sexta extinción*, premio Pulitzer

CRÍTICA

Índice

Portada
Sinopsis
Portadilla
Dedicatoria
Cita
Río abajo
1
2
Tierra adentro
1
2
3
Al aire
1
2
3
Agradecimientos
Listado de especies citadas
Notas
Créditos

SINOPSIS

Que el hombre debería tener dominio «sobre toda la tierra y sobre todo reptil que se arrastra sobre ella» es una profecía convertida en realidad. Tan generalizado es el impacto de los humanos en el planeta que hemos categorizado la época en que vivimos como una nueva época geológica: el Antropoceno.

Elizabeth Kolbert se ha convertido en una de las escritoras más influyentes sobre el medio ambiente. Ahora investiga los inmensos desafíos que enfrenta la humanidad mientras luchamos por revertir, en cuestión de décadas, los efectos que hemos ocasionado en la atmósfera, los océanos, los bosques, los ríos y en la topografía misma del globo. En Bajo un cielo blanco Elizabeth Kolbert analiza detenidamente el nuevo mundo que estamos creando y, en el camino, se encuentra con biólogos que están tratando de preservar el pez más raro del mundo, que vive en una pequeña piscina en medio del desierto de Mojave; ingenieros que están convirtiendo las emisiones de carbono en piedra en Islandia; investigadores australianos que están tratando de desarrollar un súper coral que pueda sobrevivir en un globo más caliente; y físicos que están contemplando la posibilidad de lanzar pequeños diamantes a la estratosfera para enfriar la tierra, cambiando el color del cielo de azul a blanco.

Si en *La sexta extinción* exploró las formas en que nuestra capacidad de destrucción ha remodelado el mundo natural, ahora examina cómo el mismo tipo de intervenciones que han puesto en peligro nuestro planeta pueden ser la única esperanza de salvación. A la vez inspirador y aterrador, *Bajo un cielo blanco* es un examen completamente original de los desafíos a los que nos enfrentamos, ahora como creadores de una nueva naturaleza.

Bajo un cielo blanco

Cómo los humanos estamos creando la naturaleza del futuro

Elizabeth Kolbert

Traducción castellana de
Joan Lluís Riera

CRÍTICA
BARCELONA

A mis chicos

A veces desliza su martillo por las paredes, como si pudiera con ello dar la señal que pondría en movimiento la gran maquinaria de salvación. No será así —el rescate se producirá a su debido tiempo, sin depender del martillo—, pero siempre es algo, algo concreto, una garantía, algo que puede besarse, como no podrá besarse jamás la propia salvación.

FRANZ KAFKA

Río abajo

1

Los ríos nos regalan buenas metáforas, incluso demasiado buenas. Pueden ser turbios, cargados de ocultos significados, como el Misisipi, que Twain retrató como «el más lúgubre y grave material de lectura».[1] O luminosos y transparentes como espejos. Thoreau pasó una semana en los ríos Concord y Merrimack, y al cabo de un día ya se encontraba sumido en reflexiones sobre los reflejos que veía jugar en el agua. Los ríos pueden significar el destino, o el llegar a conocer, o el dar con aquello que uno preferiría no haber conocido. «Ascender por aquel río fue como viajar a los albores mismos del mundo, cuando la vegetación asediaba la tierra», recordaba el Marlow de Conrad.[2] Pueden simbolizar el tiempo, el cambio, hasta la propia vida. «No se puede entrar dos veces en el mismo río», nos cuentan que dijo Heráclito, a lo que uno de sus seguidores, Crátilo, parece que replicó: «Ni siquiera se puede entrar una sola vez en el mismo río».

Hoy hace una mañana llena de luz después de varios días de lluvia, y el río no tan río por el que navego es el Canal Sanitario y de Navegación de Chicago. Tiene una anchura de unos cincuenta metros y discurre tan derecho como una regla. Sus aguas, de la tonalidad del cartón viejo, están salpicadas de envoltorios de chucherías y trozos de poliestireno. Esta mañana el tráfico lo forman barcazas que transportan arena, grava y productos petroquímicos. La excepción es la nave en la que me encuentro, un barco de recreo bautizado *City Living*.

El *City Living* tiene banquetas de color blanco crudo y un toldo de lienzo que chasquea con elegancia en la brisa. A bordo se encuentran también el capitán del barco y varios miembros de un grupo que se hace llamar Amigos del Río Chicago. No son ningunos aprensivos; a menudo sus salidas les obligan a caminar con el agua contaminada hasta las rodillas

para tomar muestras de coliformes fecales. Pero nuestra expedición nos va a llevar por el canal mucho más lejos de lo que ninguno de ellos ha llegado antes. Todos están emocionados y, a decir verdad, un poco asustados.

Hemos alcanzado el canal desde el lago Michigan por la rama sur del río Chicago, y ahora nos dirigimos al oeste, pasando junto a montañas de sal para carretera, mesetas de chatarra y morrenas de oxidados contenedores de transporte. Justo al traspasar los límites de la ciudad, bordeamos las tuberías de los emisarios de la planta de Stickney, de la que se dice que es la mayor depuradora de aguas residuales del mundo. Desde la cubierta del *City Living* no alcanzamos a verla, pero sí a olerla. Conversamos sobre las lluvias recientes, que han saturado el sistema de colectores y plantas depuradoras de la región dando lugar a lo que se conoce como «desbordamientos del alcantarillado mixto», y especulamos sobre qué vamos a encontrar flotando. Alguien pregunta si no veremos algún pez blanco de Chicago, que es como llaman aquí a los condones usados. Avanzamos despacio hasta que, por fin, el Canal Sanitario y de Navegación se une a otro canal, el que se conoce como Cal-Sag. En el punto donde se juntan las aguas hay un parque en forma de V con unas pintorescas cascadas. Como casi todo en nuestra ruta, no son naturales, sino construidas.

Si Chicago es la Ciudad de Anchas Espaldas,* el Canal Sanitario y de Navegación es su Descomunal Esfínter. Antes de que fuera excavado, todos los residuos de la ciudad (excrementos humanos, boñigas de vaca, heces de oveja, vísceras putrefactas de los mataderos) acababan en el río Chicago, que en algunas secciones acarreaba tal densidad de inmundicia que se decía que una gallina podía pasar de una ribera a la otra sin mojarse las patas. Desde el río, los desperdicios acababan vertiéndose al lago Michigan, que era —y es— la única fuente de agua potable de la ciudad. Los brotes de tifus y cólera eran frecuentes.

El canal, que se planificó en las postrimerías del siglo XIX y se inauguró a principios del siglo XX, le dio la vuelta al río. Forzó al Chicago a cambiar de dirección para que, en lugar de drenar hacia el lago Michigan, la

porquería de la ciudad fluyese hacia el río Des Plaines, y de este al Illinois, al Misisipi y, por fin, al golfo de México. «El agua del río Chicago ya parece líquida», rezaba el titular de *The New York Times*.[3]

La inversión del río Chicago fue uno de los proyectos de obra pública de más envergadura de su tiempo, un ejemplo de libro de lo que solía llamarse, no sin ironía, el control de la naturaleza. Se tardó siete años en excavar el canal, y fue necesario inventar toda suerte de tecnologías (la cinta transportadora de Mason y Hoover, el plano inclinado de Heidenreich) que, en conjunto, dieron lugar a lo que hoy se conoce como Escuela de Chicago de Movimiento de Tierras.[4] En total, se extrajeron 33 millones de metros cúbicos de suelo y roca, suficiente, según los cálculos de un admirado comentarista, para construir una isla de más de 1,5 kilómetros cuadrados y 15 metros de altura.[5] El río hizo la ciudad, y la ciudad rehízo el río.

Aunque invertir el curso del río Chicago sirvió para enviar las aguas residuales hacia San Luis, también alteró la hidrología de unos dos tercios de Estados Unidos. Eso tuvo consecuencias ecológicas, que a su vez tuvieron consecuencias económicas, y estas obligaron a realizar una nueva ronda de intervenciones en aquel río que ahora fluía al revés. Hacia estas se dirige ahora el *City Living*. Nos acercamos con cautela, aunque tal vez insuficiente, pues en cierto momento nuestra embarcación está a punto de quedar aplastada entre dos barcazas de doble anchura. Los marineros de cubierta gritan instrucciones al principio incomprensibles, luego inapropiadas para la página impresa.

A unos cincuenta kilómetros río arriba (¿o es río abajo?) nos aproximamos a nuestro objetivo. La primera indicación de que nos hallamos cerca es un letrero del tamaño de una valla publicitaria y el color de un limón de plástico. AVISO —reza—, PROHIBIDO BAÑARSE, NADAR, PESCAR O AMARRAR. Casi al momento aparece un nuevo letrero, esta vez sobre fondo blanco: VIGILEN A TODOS LOS PASAJEROS, NIÑOS Y MASCOTAS. Unos cientos de metros más adelante surge uno más, esta vez de color rojo cereza. PELIGRO —advierte—, BARRERAS ELECTRIFICADAS PARA PECES. RIESGO DE ELECTROCUCIÓN.

Todos sacamos el móvil o una cámara. Fotografiamos el agua, los letreros de advertencia, unos a otros. Bromeamos con que alguno debería tirarse de cabeza al río eléctrico, o al menos meter una mano en el agua para ver qué pasa. Seis garzas azules se reúnen, ala contra ala, en la ribera del río con la esperanza de una comida fácil, como estudiantes en la cola de una cafetería. También las fotografiamos.

Si alguna profecía se ha cumplido, esa es sin duda la que dice que el hombre dominará «sobre toda la tierra y sobre todas las bestias que se mueven sobre la tierra». Se mida con la vara que se mida, la historia es siempre la misma. A día de hoy, los humanos hemos transformado de manera directa más de la mitad de las tierras emergidas y no heladas del planeta, unos setenta millones de kilómetros cuadrados, y, de manera indirecta, el resto.[6] Hemos embalsado o desviado la mayoría de los grandes ríos. Nuestras plantas de abonos y cultivos de leguminosas fijan más nitrógeno que todos los ecosistemas terrestres, y nuestros aviones, coches y plantas de energía emiten unas cien veces más dióxido de carbono que todos los volcanes juntos. Provocamos terremotos de manera regular. (Un temblor de tierra especialmente destructivo que sacudió Pawnee, en Oklahoma, la mañana del 3 de septiembre de 2016 llegó a sentirse incluso en Des Moines, en Iowa.)[7] En términos de biomasa, las cifras son aterradoras: en la actualidad, hay más de ocho veces más biomasa en forma de seres humanos que de mamíferos salvajes. Si a eso añadimos el peso de nuestros animales domesticados, sobre todo vacas y cerdos, la relación asciende a veintidós contra uno. «De hecho —observa un reciente artículo publicado en *Proceedings of the National Academy of Sciences*—, humanos y ganado suman más biomasa que todos los otros vertebrados juntos, excluyendo los peces.»[8] Nos hemos convertido en la principal causa de extinción, y también, probablemente, de especiación. Tal es el impacto del hombre que ya se considera que vivimos en una nueva época geológica: el Antropoceno. En la edad del hombre no hay ningún lugar —y eso incluye las más profundas fosas de los océanos o el centro de la capa de hielo de la Antártida— donde no se pueda encontrar ya la huella de algún Viernes.

Una de las lecciones que se desprenden de estos acontecimientos es obvia: cuidado con lo que deseas. Calentamiento de la atmósfera, calentamiento de los mares, acidificación de los océanos, subida del nivel del mar, desglaciación, desertificación y eutrofización son solo algunas de las consecuencias del éxito de nuestra especie. Tan rápido aumenta eso que de forma un tanto benevolente denominamos «cambio global» que solo hay un puñado de ejemplos comparables en toda la historia de la Tierra: el más reciente fue el impacto del asteroide que puso fin al reinado de los dinosaurios, hace unos sesenta millones de años. Los humanos estamos produciendo climas sin igual, ecosistemas sin igual, todo un futuro sin igual. Llegados a este momento, sería prudente rebajar nuestras ambiciones y reducir nuestros impactos. Pero somos tantos —casi ocho mil millones en el momento de escribir esto—, y hemos llegado tan lejos, que retroceder no parece práctico.

Así que nos enfrentamos a un dilema sin igual. Si hay alguna respuesta al problema del control, será con más control. Solo que ahora lo que hay que gestionar no es una naturaleza que existe —o imaginamos que existe— como algo separado de los humanos. Al contrario, ahora partimos de un planeta alterado y hacemos que el control se vuelva sobre sí mismo: ya no es tanto el control de la naturaleza, como «el control del control» de la naturaleza. Primero invertimos el curso de un río. Luego lo electrificamos.

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos tiene sus oficinas del distrito de Chicago en un edificio neoclásico de la calle LaSalle. En la fachada, una placa explica que allí se celebró en 1883 la Convención General del Tiempo con el objetivo de sincronizar los relojes del país. El proceso obligó a reducir decenas de franjas horarias a solo cuatro, algo que, en muchas localidades, dio lugar a lo que se conoce como la «jornada de los dos mediodías».

Desde el momento mismo de su fundación, bajo la presidencia de Thomas Jefferson, al Cuerpo se le encomendaron intervenciones descomunales. Entre los muchos proyectos en los que intervino y que alteraron el mundo se cuentan el canal de Panamá, la vía marítima del San

Lorenzo, el embalse de Bonneville y el Proyecto Manhattan. (Para fabricar la bomba atómica, el Cuerpo creó una nueva división a la que denominó «Distrito Manhattan», con el fin de encubrir el verdadero propósito del proyecto.)[9] Es un signo de los tiempos que corren que el Cuerpo se vea involucrado cada vez más en proyectos de remodelación más modestos, como el de gestionar las barreras eléctricas del Canal Sanitario y de Navegación.

Una mañana, poco tiempo después de mi viaje en barco con los Amigos, visito la oficina que el Cuerpo de Ingenieros tiene en Chicago, para conversar con Chuck Shea, el ingeniero que está al cargo de las barreras. Lo primero que me llama la atención al llegar es un par de enormes carpas asiáticas montadas encima de unas rocas sobre el mostrador de recepción. Como todas las carpas asiáticas, tienen los ojos cerca de la base de la cabeza, y da la impresión de que las han montado del revés. En una curiosa combinación de fauna falsa, los peces de plástico se encuentran rodeados de pequeñas mariposas, también de plástico.

«Cuando hace unos años estudiaba ingeniería, nunca hubiera pensado que habría de pasar tanto tiempo pensando en peces —me espeta Shea—. Pero la verdad es que funciona de maravilla como tema de conversación para una barbacoa.» Shea es un hombre menudo de pelo canoso, gafas de montura de metal y la timidez que nace de ocuparse de problemas que no se pueden resolver con palabras. Le pregunto cómo funcionan las barreras y extiende su mano, como si quisiera encajar la mía.

«Ponemos electricidad en el canal —me explica—. Hay que transmitir por el agua la suficiente para crear un campo eléctrico en toda la zona. La intensidad del campo eléctrico aumenta a medida que nos acercamos, río arriba o río abajo, así que, si mi mano fuese un pez, esto sería su morro —mientras lo explica señala su dedo corazón—, y esta su cola.» Me muestra entonces la palma de su mano extendida mientras la mueve de manera serpenteante.

«Lo que ocurre es que, al nadar, el pez experimenta un voltaje eléctrico en el morro y otro distinto en la cola. Eso hace que la corriente fluya por su cuerpo, y es lo que los aturde o los electrocuta. Un pez grande experimenta

una gran diferencia de voltaje entre morro y cola. Uno más pequeño no tiene tanta distancia entre voltajes, así que el calambrazo es menor.»

Se recuesta en su asiento y posa la mano sobre las piernas. «Por suerte, las carpas asiáticas son muy grandes. Son el enemigo número uno.» Le hago notar entonces que una persona también es bastante grande. «Las personas reaccionan de distintas maneras a la electricidad —replica—. Pero es cierto que, por desgracia, el resultado puede ser mortal.»

Shea me comenta que el Cuerpo de Ingenieros empezó a involucrarse en todo esto de las barreras a finales de la década de 1990, a requerimiento del Congreso. «La directiva no fue muy específica —puntualiza—. ¡Haced algo!»

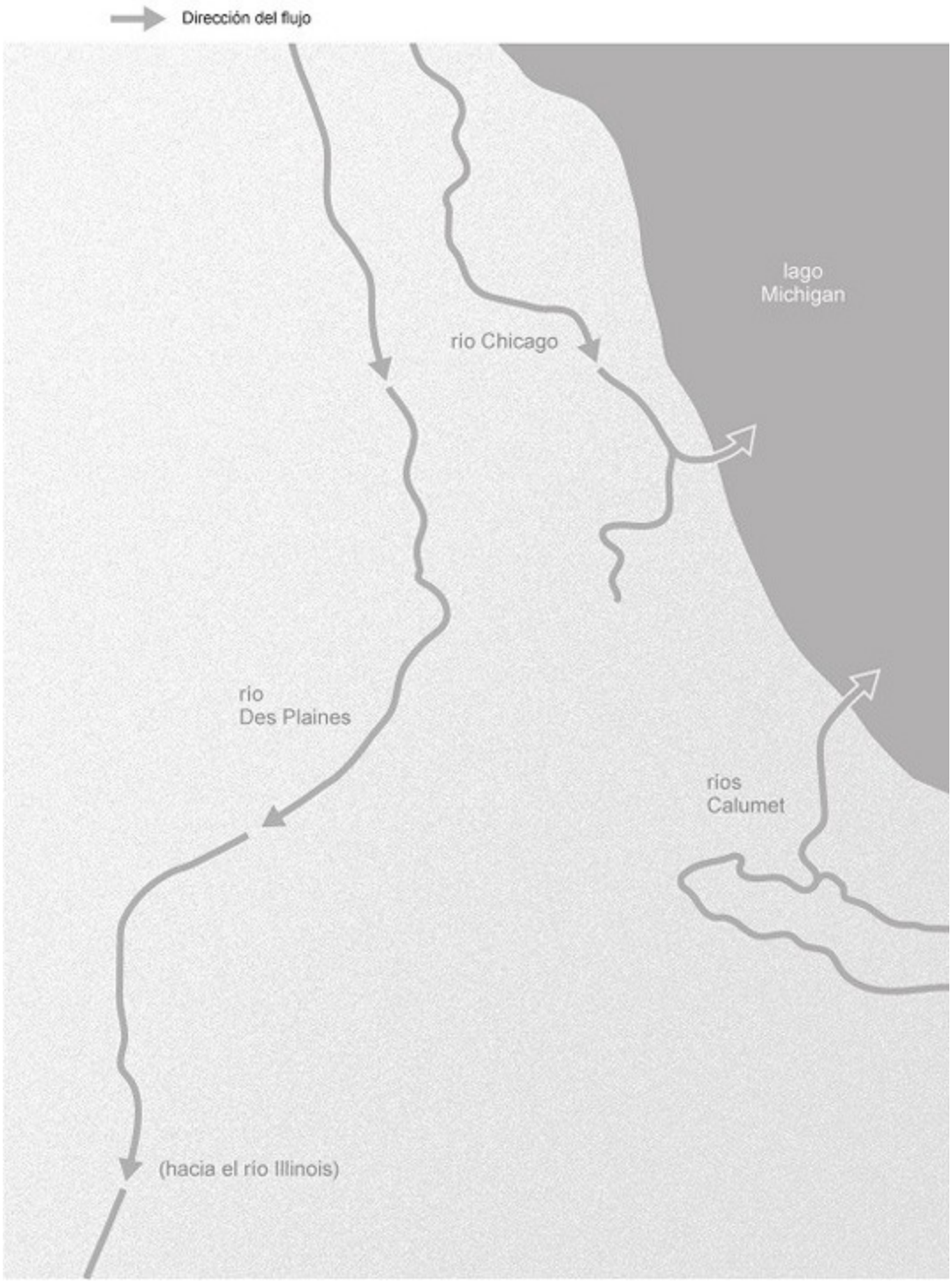
La tarea a la que se enfrentaban no era baladí: debían evitar que los peces cruzasen el Canal Sanitario y de Navegación, pero sin impedir el movimiento de personas, barcazas o residuos. El Cuerpo de Ingenieros tomó en consideración docenas de posibilidades, entre ellas envenenar las aguas del canal, irradiarlo con luz ultravioleta, llenarlo de ozono, usar efluentes de centrales eléctricas para calentar el agua o instalar filtros gigantes. Se pensó incluso en insuflar nitrógeno en el agua del canal con el fin de reproducir las condiciones de anoxia que solemos asociar con las aguas residuales. (Esta última opción se rechazó en parte debido a su coste, estimado en 250.000 dólares diarios.) La electrificación ganó porque era barata y parecía la opción menos cruel. La esperanza era que cualquier pez que se acercase a la barrera diese la vuelta antes que morir.[10]

La primera barrera eléctrica se puso en marcha el 9 de abril de 2002. La especie que se suponía que tenía que repeler era un intruso con cara de sapo conocido como «gobio de boca negra». Este pez, originario del mar Caspio, es un voraz consumidor de los huevos de otros peces. Se había establecido en el lago Michigan y se temía que aprovechase el Canal Sanitario para salir del lago y alcanzar el río Des Plaines. Una vez allí, podría nadar hasta el río Illinois, y por este hasta el Misisipi. Pero, en palabras de Shea, «antes de que pudiera ponerse en marcha el proyecto, el gobio de boca negra ya había llegado al otro lado». Para cuando se quiso electrificar, el pez ya había saltado.

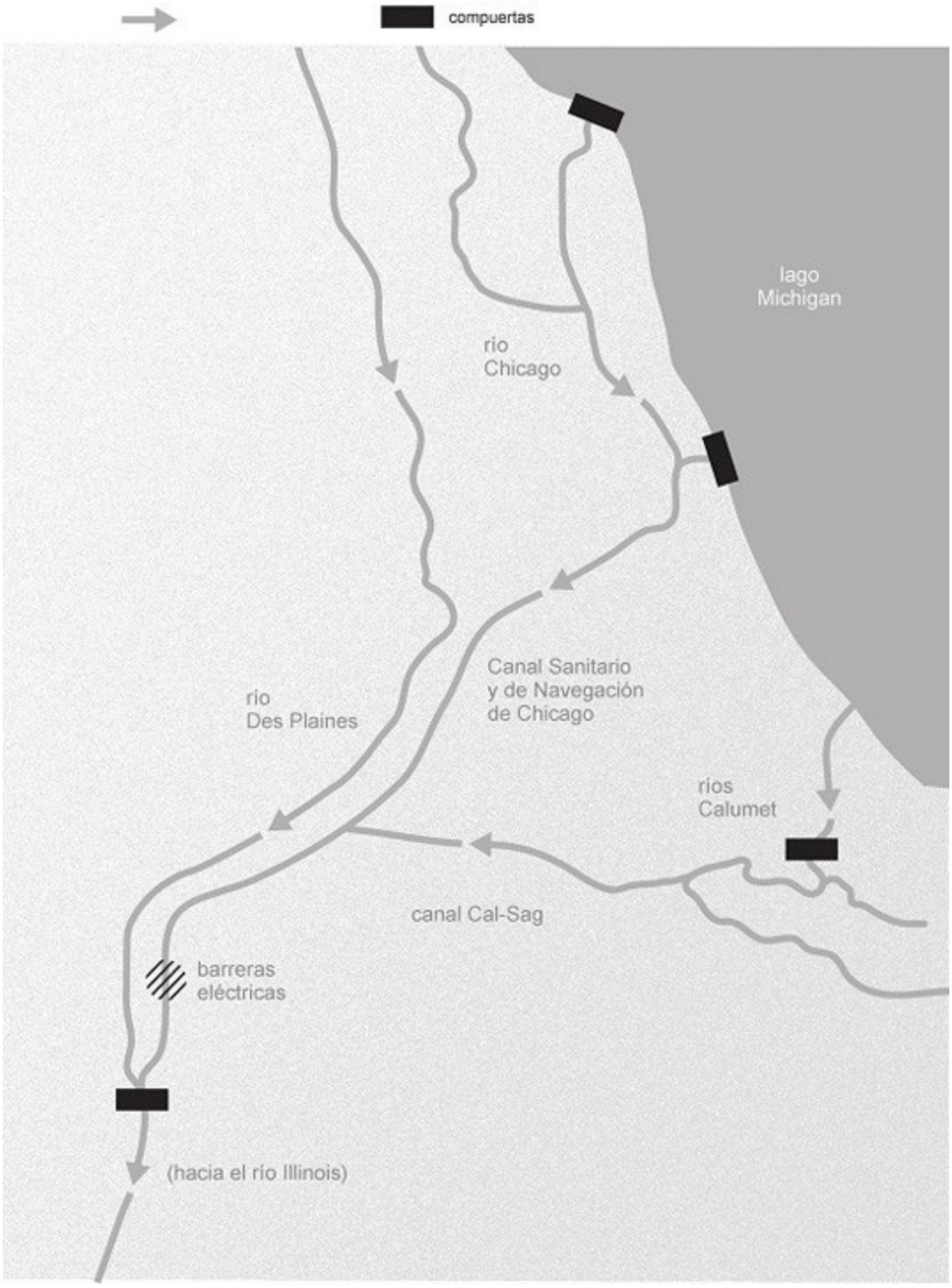
Entretanto, otros invasores (las carpas asiáticas) se desplazaban en dirección opuesta, río Misisipi arriba hacia Chicago. El temor era que, si la carpa conseguía atravesar el canal, hiciera estragos en el lago Michigan antes de pasar a hacer más estragos en los lagos Superior, Hurón, Erie y Ontario. Un político de Michigan advirtió de que aquel pez podía «arruinar nuestro modo de vida».[11]

«Las carpas asiáticas son muy buenas especies invasoras —me dice Shea—. Es decir, no "buenas", sino buenas en eso de ser invasoras. Se adaptan bien y pueden prosperar en entornos muy distintos. Por eso son tan difíciles de controlar.»

El Cuerpo instaló en el canal dos barreras más que aumentaron de manera considerable el voltaje, y, en el momento de mi visita, se estaba reemplazando la barrera original por otra más potente. También se contemplaba la posibilidad de llevar la lucha a un nuevo nivel mediante la instalación de una barrera que también emitiera chasquidos sonoros y despidiera burbujas. Al principio, el coste de esta barrera de burbujas se estimó en 275 millones de dólares, pero luego ascendió a 775 millones.



Antes de su inversión, el río Chicago fluía hacia el lago Michigan.
MGMT. design



El Canal Sanitario y de Navegación de Chicago redirigió el río y lo apartó del lago.
MGMT. design

«La gente bromea con que eso es una barrera de discoteca», dice Shea. Y se me antoja que ese sí es un buen tema de conversación para una barbacoa.

Aunque la gente suele hablar de la carpa asiática como si se tratase de una sola especie, el término vale para cuatro distintas. Las cuatro son originarias de China, donde de manera colectiva se conocen como 四大家鱼, una frase que se puede traducir como «los cuatro famosos peces domésticos». Los chinos crían juntos a los cuatro famosos en estanques desde el siglo XIII. La práctica se ha descrito como «el primer ejemplo documentado de policultivo integrado de la historia humana».[12]

Cada uno de los cuatro famosos tiene su propio talento, y cuando juntan sus fuerzas son, como los Cuatro Fantásticos, casi invencibles. La carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) se alimenta de plantas acuáticas. La plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) y la cabezona (*Hypophthalmichthys nobilis*) son filtradores que aspiran agua por la boca y luego retiran el plancton que queda retenido en las agallas con la ayuda de unas estructuras en forma de peine. La carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*) come moluscos, por ejemplo, caracoles de agua. Si en un estanque se tiran los restos de los cultivos, las carpas herbívoras se las comerán, y sus excrementos promoverán el crecimiento de algas. Estas servirán de alimento para las carpas plateadas, pero también para otros animales acuáticos diminutos, como las pulgas de agua, que son el alimento preferido de las carpas cabezonas. Este sistema ha permitido a los chinos recolectar cantidades inmensas de carpas, casi veinticinco millones de toneladas solo en 2015.[13]

En una de las ironías a las que nos tiene acostumbrado el Antropoceno, el número de carpas salvajes de China ha caído en picado al tiempo que se disparaban las poblaciones criadas en estanques. Por culpa de proyectos como la presa de las Tres Gargantas, en el Yangtsé, las carpas de este río tienen problemas para desovar. Así que estos peces son a un tiempo instrumentos y víctimas del control humano.

En lo que constituye una nueva ironía del Antropoceno, los cuatro famosos acabaron en el Misisipi, al menos en parte, por culpa de *Primavera silenciosa*. En este libro, cuyo título provisional era *El control de la naturaleza*,[14] Rachel Carson denunciaba esa misma idea.

«El "control de la naturaleza" es una frase concebida desde la arrogancia, nacida de la era neandertal de la biología y la filosofía, cuando se suponía que la naturaleza existía para conveniencia del hombre», escribió.[15] Herbicidas y pesticidas representaban la peor encarnación del pensamiento «cavernícola», un club «lanzado contra la propia urdimbre de la vida».

Carson advertía de que la aplicación indiscriminada de productos químicos nos perjudicaba a nosotros, pero también mataba aves y convertía los canales en «ríos de muerte». En lugar de promocionar el uso de pesticidas y herbicidas, las agencias gubernamentales debían eliminarlos, pues tenían a su disposición «una extraordinaria variedad de alternativas». Una de las que Carson recomendaba era la utilización de un agente biológico contra otro. Por ejemplo, se podía importar un parásito para que se alimentase de un insecto indeseado.

«En aquel libro, el problema, el villano, era el uso generalizado y casi sin restricciones de productos químicos, en especial de compuestos organoclorados como el DDT —me explica Andrew Mitchell, un biólogo de un centro de investigación en acuicultura de Arkansas que ha estudiado la historia de la carpa china en Estados Unidos—. Ese es el contexto de todo esto: ¿cómo vamos a abandonar el uso intensivo de sustancias químicas al mismo tiempo que conservamos algún tipo de control? Eso, entre otras cosas, debe tener algo que ver con la importación de la carpa. Eran agentes de control biológico.»

Un año después de la publicación de *Primavera silenciosa*, en 1963, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos importó el primer cargamento documentado de carpa china de este país.[16] La idea era usar la carpa, tal como Carson recomendaba, para mantener a raya las plantas acuáticas. (Algunas, como la filigrana mayor,* introducida en América del Norte, pueden invadir lagos y lagunas con tal densidad que impiden el paso de barcas o nadadores.) Los alevines de la carpa herbívora que se

importaron se criaron en la Estación Experimental de Acuicultura de Stuttgart, en Arkansas. Tres años más tarde, los biólogos de la estación consiguieron que una de las carpas, ya de tamaño adulto, desovara. El resultado fueron miles de nuevos alevines. Casi al instante, algunos escaparon, y las pequeñas carpas lograron alcanzar el río White, un afluente del Misisipi.

Más tarde, en la década de 1970, la Comisión de Caza y Pesca de Arkansas encontró una utilidad para la carpa plateada y para la cabezona.[17] Acababa de aprobarse la Ley del Agua Limpia (*Clean Water Act*) y los gobiernos locales tenían que apresurarse a cumplir con la nueva normativa, pero muchas comunidades no podían permitirse una actualización de sus plantas de depuración de aguas residuales. La Comisión de Caza y Pesca pensó que introducir carpas en balsas de tratamiento podría ayudar. Esta especie reduciría la carga de nutrientes de las balsas al consumir las algas que crecían en abundancia gracias al exceso de nitrógeno. En uno de sus estudios introdujeron carpas en las lagunas de tratamiento de Benton, en las afueras de Little Rock. Y, en efecto, los peces consiguieron reducir la carga de nutrientes, pero también lograron escapar. Nadie sabe muy bien cómo lo hicieron, porque nadie vigilaba.

«Por aquel entonces todos andábamos buscando la forma de sanear el medio ambiente —me explica Mike Freeze, un biólogo que trabajaba con carpas en la Comisión de Caza y Pesca de Arkansas—. Rachel Carson había escrito *Primavera silenciosa* y todo el mundo estaba preocupado por todas las sustancias químicas que acababan en el agua. No tanto por las especies exóticas, lo cual es una lástima.»

Los peces, en su mayoría carpas plateadas, yacen en un montón sanguinolento. Son incontables, y las han tirado vivas al interior del bote. Llevo horas viendo cómo crece la pila, y aunque cabe suponer que los de abajo ya estaban muertos, los de encima siguen sacudiéndose y dando bocanadas. Me pareció detectar un brillo acusatorio en sus ojos bajos, pero ignoraba si podían verme o era yo quien proyectaba algo en ellos.

Es una mañana sofocante de verano, pocos días después de mi paseo en el *City Living*. Las carpas agonizantes, un trío de biólogos empleados por el estado de Illinois, varios pescadores y yo misma nos mecemos sobre un lago de la localidad de Morris, a unos cien kilómetros al sudoeste de Chicago. El lago no tiene nombre, pues comenzó siendo la hondonada de una gravera. Para llegar hasta aquí he tenido que firmar un formulario para la compañía propietaria en el que declaraba, entre otras cosas, que no llevaría armas de fuego y que no fumaría ni utilizaría «dispositivos que produzcan llama». El formulario mostraba un esquema de la gravera convertida en lago que me recordó el dibujo de un tiranosaurio hecho por un niño. En el lugar donde habría estado el ombligo, si los tiranosaurios hubieran tenido ombligo, había un canal que comunicaba el lago con el río Illinois. Eso era lo que explicaba la presencia de las carpas. Estos peces necesitan aguas corrientes para reproducirse —eso, o inyecciones de hormonas—, pero una vez han desovado prefieren retirarse a aguas tranquilas para alimentarse.

Morris es algo así como el Gettysburg de la guerra contra las carpas asiáticas. Al sur del pueblo, las carpas son legión; al norte, son raras; aunque se discute hasta qué punto lo son. Se gasta mucho tiempo, dinero y carne de pez para intentar que las cosas sigan así. El procedimiento, conocido como «barrera de defensa», pretende que las carpas de mayor tamaño no lleguen hasta las barreras eléctricas. Si la electrocución bastase para disuadirlas, no haría falta la barrera de defensa, pero ninguna de las personas con las que he hablado, y aquí incluyo a profesionales como Shea, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, parecen estar deseosos de poner a prueba su tecnología.

«Nuestro objetivo es mantener las carpas lejos de los Grandes Lagos —me explica uno de los biólogos mientras flotamos sobre la antigua gravera —. No queremos depender de las barreras eléctricas.»

Al amanecer, los pescadores tiraron cientos de metros de redes de enmalle que ahora recogen desde tres chalupas de aluminio. Si encuentran en la red algún pez autóctono (como el bagre piltontle o el roncador de agua dulce), lo desenmallan y lo retornan al lago. Las carpas asiáticas, en cambio, las tiran al interior del bote, donde mueren.

En el lago sin nombre, las carpas no parecen agotarse nunca. Mi ropa, pero también la libreta de notas y la grabadora, están salpicadas de sangre y limo. En cuanto se recoge una red, vuelve a lanzarse. Cuando los pescadores tienen que pasar de un lado del bote al otro, simplemente pisan las carpas que se retuercen en el centro. «¿Quién escucha a los peces cuando lloran? —se preguntaba Thoreau—. Algunos sabrán recordar que fuimos sus contemporáneos.»[18]

Las mismas cualidades que en China hicieron famosos a los «peces domésticos», en Estados Unidos los hacen infames. Una carpa herbívora bien alimentada puede llegar a pesar más de 35 kilos. En un solo día, puede comer casi la mitad de su propio peso, y con cada desove pone cientos de miles de huevos. Las cabezonas pueden llegar a los 45 kilos. Tienen el ceño abultado y parecen estar enfadadas. Al carecer de un verdadero estómago, se alimentan de manera casi continua.[19]

Las carpas plateadas son igual de voraces; son filtradores tan eficientes que pueden retirar del agua células de fitoplancton de hasta cuatro micrones de diámetro, una cuarta parte del grosor del más fino vello humano. Allí donde aparecen, suelen competir con éxito con los peces nativos hasta quedarse casi solas en el lago. En palabras del periodista Dan Egan: «Las carpas cabezonas y las plateadas no se limitan a invadir ecosistemas. Los conquistan».[20] En el río Illinois, las carpas asiáticas suman en la actualidad casi tres cuartas partes de toda la biomasa de peces, y en algunos canales, la proporción es todavía mayor. Además, los daños ecológicos van mucho más allá de los peces; se teme que las carpas negras, que se alimentan de moluscos, estén llevando a los bivalvos de las aguas dulces, que ya están amenazados, al borde de la extinción.

«América del Norte posee la fauna de bivalvos de agua dulce más diversa de todo el mundo —me explica Duane Chapman, un biólogo que investiga para el Servicio Geológico de Estados Unidos y que se ha especializado en la carpa asiática—. Muchas especies se encuentran en peligro de extinción o ya se han extinguido. Y hemos lanzado al moluscívoro más eficiente de las aguas dulces contra los moluscos más amenazados.»

Uno de los pescadores, Tracy Seidemann, lleva un peto impermeable manchado de vísceras y una camiseta con las mangas recortadas. Me fijo en el tatuaje de una carpa en uno de sus brazos tostados por el sol. Me explica que se trataba de una carpa común. También estas son invasoras; las trajeron de Europa en la década de 1880 y lo más probable es que también hicieran algunos estragos. Pero hace tanto tiempo que viven con nosotros que nos hemos acostumbrado a ellas. «Supongo que me tendría que haber tatuado una carpa asiática», añade, encogiendo los hombros.

Seidemann me explica que solía pescar sobre todo matalotes, que son nativos del río Misisipi y sus afluentes. (Los matalotes se parecen un poco a las carpas, pero pertenecen a otra familia.) Cuando llegaron las carpas asiáticas, las poblaciones de matalotes se desplomaron. Ahora Seidemann consigue la mayor parte de sus ingresos gracias a la pesca que realiza por contrato con el Departamento de Recursos Naturales de Illinois. Me parece impertinente preguntarle cuánto le pagan, pero más tarde me enteraré de que los pescadores a sueldo pueden llegar a ganar más de cinco mil dólares en una semana.

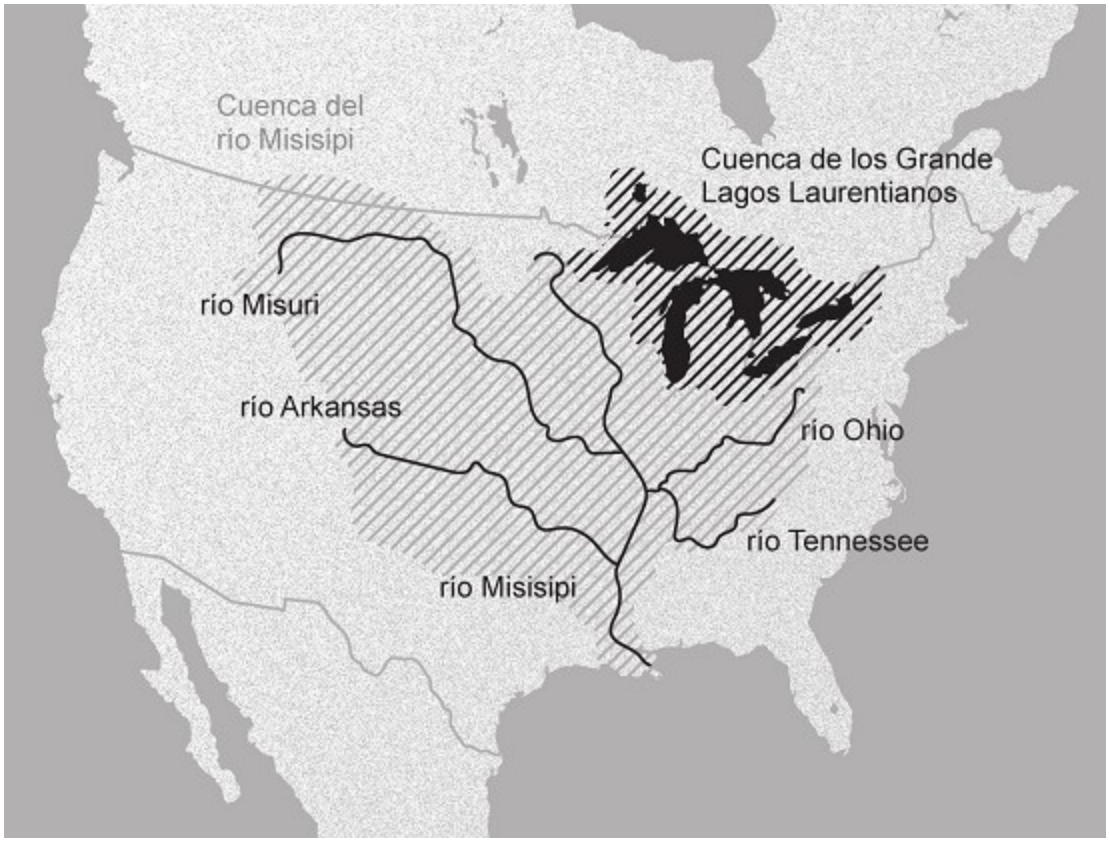
Al cabo del día, Seidemann y los otros suben sus barcas a unos remolques y, con las carpas todavía en su interior, conducen hasta el pueblo. A los peces, inertes y con los ojos vidriados, los vuelcan en un camión que les está esperando.

Esta ronda de la barrera de defensa se prolonga durante tres días más. El recuento final es de 60.404 carpas plateadas y 547 cabezonas. En conjunto, los peces pesan más de veintitrés toneladas. El camión se los lleva al oeste, donde los triturarán para abono.

La cuenca de drenaje del Misisipi es la tercera más grande del mundo, superada en superficie tan solo por las cuencas del Amazonas y del Congo. Se extiende sobre más de tres millones de kilómetros cuadrados y comprende 32 estados y una pequeña tajada de dos provincias canadienses. Tiene un poco la forma de un embudo, con la boca hacia el golfo de México.

La cuenca de los Grandes Lagos también es enorme. Se extiende sobre 777.000 kilómetros cuadrados y alberga el 80 % de las aguas dulces superficiales de América del Norte. Este sistema, que tiene la forma de un caballito de mar sobrealimentado, drena hacia el este y alcanza el Atlántico a través del río San Lorenzo.

Estas dos grandes cuencas colindantes, son —o mejor dicho, eran— mundos acuáticos separados. No había manera alguna de que un pez —o un molusco, o un crustáceo— se arrastrase fuera de uno de estos sistemas de drenaje y alcanzase el otro. Cuando Chicago solventó su problema de aguas residuales construyendo el Canal Sanitario y de Navegación, también abrió un portal que conectó los dos dominios de aguas dulces. Durante la mayor parte del siglo XX, eso no supuso un gran problema; el canal, cargado con los residuos de Chicago, era demasiado tóxico como para servir de paso viable. Con la aprobación de la Ley del Agua Limpia y el trabajo de grupos como los Amigos del Río Chicago, su estado mejoró, y algunos animales, como el gobio de cabeza negra, comenzaron a colarse.



La inversión del flujo del río Chicago conectó dos grandes cuencas hidrológicas.
MGMT. design

En diciembre de 2009, el Cuerpo de Ingenieros cerró una de las barreras eléctricas del canal para realizar trabajos de mantenimiento. Se creía entonces que la carpa asiática más cercana debía estar a unos veinticinco kilómetros río abajo. Aun así, por precaución, el Departamento de Recursos Naturales de Illinois arrojó al agua unos 7.500 litros de veneno. El resultado fue casi veinticuatro toneladas de peces muertos.[21] Entre ellos se descubrió una carpa asiática (una carpa cabezona de más de medio metro de longitud). Sin duda, muchos otros peces debieron depositarse en el fondo antes de que pudieran recogerlos con salabres. ¿Había entre ellos otras carpas asiáticas?

Los estados colindantes reaccionaron con ferocidad. Cincuenta miembros del Congreso firmaron una carta dirigida al Cuerpo de Ingenieros en la que expresaban su consternación. «No hay quizá mayor amenaza contra el ecosistema de los Grandes Lagos que la introducción de la carpa asiática», afirmaban en la carta.[22] Michigan los demandó para exigir que se desconectasen los dos sistemas de drenaje.[23] El Cuerpo estudió las opciones y en 2014 publicó un informe de 232 páginas.

De acuerdo con la evaluación realizada por el Cuerpo de Ingenieros,[24] restablecer la «separación hidrológica» sería, sin duda, la manera más eficaz de mantener las carpas lejos de los Grandes Lagos. Sin embargo, según la estimación del Cuerpo, se tardaría veintiún años en hacerlo (tres veces más que para construir el canal) y el coste podría alcanzar los dieciocho mil millones de dólares.

Muchos de los expertos con los que he hablado creen que esos miles de millones de dólares serían dinero bien gastado. Señalan que las dos cuencas de drenaje tienen su propio elenco de invasores, algunos traídos de manera deliberada, como la carpa, pero la mayoría introducidos de manera accidental con las aguas de lastre. Del lado del Misisipi, la lista incluye la tilapia del Nilo, el pastito de agua y el cíclido convicto de América Central. Del lado de los Grandes Lagos: la lamprea marina, el espinoso, el espinoso de cuatro espinas, la pulga de agua espinosa, la pulga de agua de anzuelo, el caracol del cieno de Nueva Zelanda, el caracol de valva europeo, el caracol auriculado europeo, la almeja guisante europea, la almeja guisante supina,

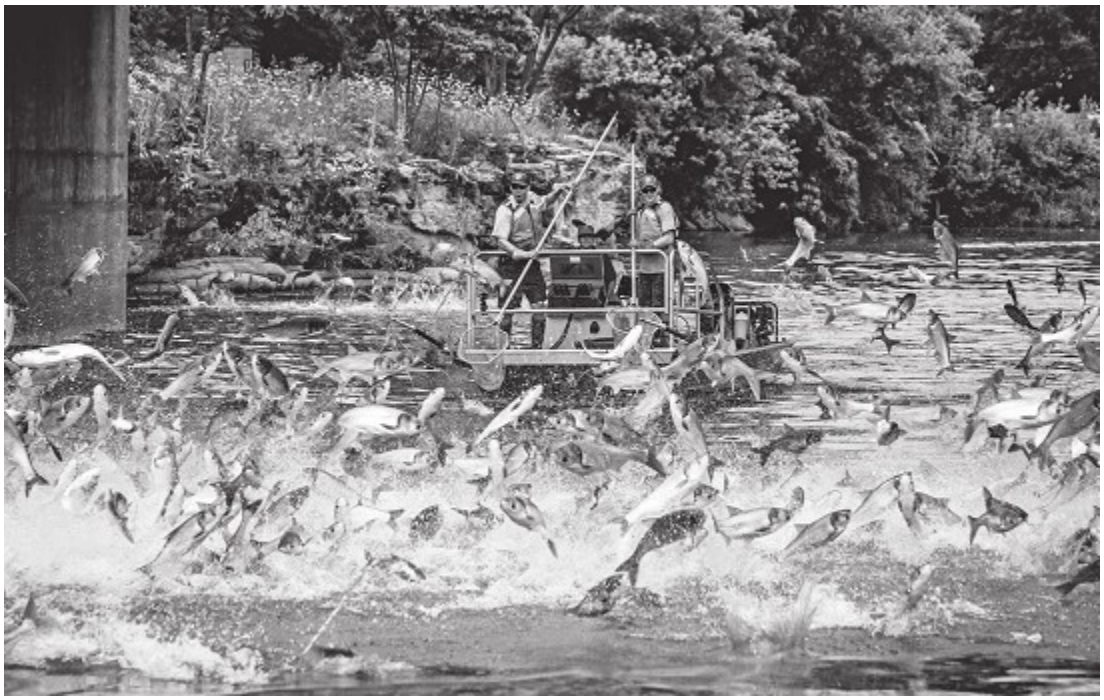
la almeja guisante de Henslow, el cangrejo de río americano de los pantanos y el camarón rojo sangre.[25] Cegar el canal sería la forma más segura de controlar a los invasores.

Sin embargo, ninguno de los defensores de la «separación hidrológica» cree que eso vaya a ocurrir nunca. Rehacer las vías fluviales y canales de Chicago obligaría a redirigir el tráfico de barcos de la ciudad, rediseñar los controles de inundaciones y rehacer el sistema de tratamiento de aguas residuales. Hay demasiados actores muy interesados en dejar las cosas como están. «Políticamente, no avanzaría nunca», me comentó uno de los líderes de un grupo que había hecho presión a favor de la separación, pero que al final había desistido de la idea. Era mucho más fácil imaginar un nuevo cambio en el río —con electricidad, burbujas, ruido y lo que hiciera falta— que cambiar las vidas de todos los que habitaban a su alrededor.

La primera vez que me golpeó una carpa fue cerca de la ciudad de Ottawa, en Illinois. Fue como si alguien me atizase con un bate de goma en la canilla.

Lo que todo el mundo observa de las carpas asiáticas, lo que literalmente salta a la vista, es que las plateadas dan brincos fuera del agua. Uno de los ruidos que las hacen saltar es el ronroneo de un fueraborda, y por eso el esquí acuático en aguas infestadas de carpas del Medio Oeste se ha convertido en una peculiar versión de un deporte de riesgo. Ver cómo una carpa plateada describe un arco por el aire es a un tiempo hermoso, como asistir a un ballet acuático, y aterrador, como un incendio que se acerca. Uno de los pescadores que conocí en Ottawa me explicó que un topetazo con una carpa voladora lo había dejado inconsciente. Otro me dijo que ya hacía tiempo que había perdido la cuenta de las lesiones ocasionadas por estos peces, porque «no hay día que no te golpeen». He leído sobre una mujer a quien una carpa tiró de su moto acuática y solo sobrevivió porque alguien pasó cerca con su barca y se fijó en su chaleco salvavidas, que se mecía arriba y abajo como un corcho.[26] YouTube está lleno de vídeos de carpas haciendo acrobacias, con títulos como «Carpocalipsis asiático» o «El ataque de la carpa asiática saltadora». El pueblo de Bath, en Illinois, que se

encuentra en una sección del río especialmente rica en carpas, ha intentado sacar dinero del caos celebrando un «torneo anual de pescadores pueblerinos» en el que se anima a los participantes a asistir vestidos para la ocasión. «¡Se recomienda encarecidamente el uso de ropa protectora!», advierte la página web del torneo.



Cuando se asustan, las carpas plateadas saltan del agua.
© Ryan Hagerty, U.S. Fish and Wildlife Service

El día que me golpeó la carpa, me encontraba en el río Illinois con otro grupo de pescadores contratados que hacían una ronda de la «barrera de defensa». Al viaje se habían apuntado varias personas, entre ellas un profesor llamado Patrick Mills que da clases en el Joliet Junior College, una institución de formación profesional situada a pocos kilómetros del lugar donde el Cuerpo de Ingenieros pretende construir su barrera «disco» de ruidos y chorros de agua. «Joliet es un poco la punta de lanza», me dice, tocado con una gorra de béisbol de su escuela, con una GoPro sujeta a la visera.

Mills es una de las varias personas que conocí en Illinois que, por razones que nunca me quedaron del todo claras, había decidido entregarse a la lucha contra la carpa asiática. Químico de formación, había desarrollado un cebo especial impregnado con un aroma que debía atraer a las carpas a las redes. Con la ayuda de un confitero del pueblo, había producido un cargamento de prototipos. Estos tenían el tamaño y la forma de ladrillos y estaban hechos sobre todo de azúcar fundido. «Es un poco una solución al estilo de MacGyver», reconoce.

Hoy tocaba aroma de ajo. Pruebo uno de los cebos, y su sabor, no del todo desagradable, en efecto me sabe a caramelo de ajo. Mills me informa de que la próxima semana la dedicará al anís. «Es un aroma muy fluvial», me aclara.

El trabajo de Mills ha llamado la atención del Servicio Geológico de Estados Unidos, y uno de sus biólogos investigadores se ha acercado desde Columbia, en Misuri, a seis horas de coche, para ver cómo se desarrollan las pruebas. El confitero que ha ayudado a confeccionar los cebos también ha acudido, y le acompaña su mujer. En este punto, a unos 120 kilómetros de Chicago, el río Illinois es ancho y libre de tráfico. Un par de águilas calvas planean sobre nuestras cabezas y los peces saltan por el agua y, en ocasiones, hasta el interior de la barca. Todos parecemos estar allí con ánimo festivo, salvo los pescadores, para quienes, por así decirlo, aquella solo es otra jornada en la oficina.

Unos pocos días antes, los pescadores han colocado un par de docenas de buitrones, que tienen el aspecto y funcionan como una manga de viento. (Estas redes se expanden cuando fluye el agua por ellas, y cuando no, se colapsan.) La mitad de los buitrones llevan un ladrillo del cebo de Mills. La esperanza es que las redes con cebo hayan atraído más carpas. Los pescadores no ocultan su escepticismo. Uno de ellos se queja del olor del caramelo para carpa, lo cual me parece curioso porque el aroma con el que compite es el hedor del pescado muerto. Otro pone los ojos en blanco para significar que aquello es dinero desperdiciado.

«A mí me parece una chorrada», le suelta a Mills el más franco del grupo, Gary Shaw. El azúcar se disuelve tan deprisa que no entiende de qué modo podrían las carpas percibir el aroma o encontrar el cebo. Mills le

replica con diplomacia: «Tenemos ideas, y estas conversaciones nos ayudan a mejorarlas». Una vez recogidos todos los buitrones, los pescadores traspasan la pesca a un camión. También estos peces van camino de convertirse en abono.

Las ideas sobre cómo impedir que las carpas lleguen a los Grandes Lagos pueden parecer tan numerosas como las propias carpas. «Cada día recibimos llamadas —me confía Kevin Irons—. Hemos oído de todo, desde barcazas a las que salten las carpas hasta cuchillos que vuelen por el aire. Algunas están un poco más meditadas que otras.»

Irons es el adjunto a director de pesca del Departamento de Recursos Naturales de Illinois y, como tal, se pasa la mayor parte de su jornada de trabajo pensando en las carpas. «Intento no apresurarme en desechar ninguna idea —me dijo la primera vez que hablé con él, por teléfono—. Nunca sabes qué pequeña ocurrencia podría resultar interesante.»

Por su parte, Irons cree que la mayor esperanza para frenar la invasión sería reclutar lo que, con un poco de esfuerzo, podríamos considerar un agente biológico. ¿Qué especie es lo bastante grande y voraz como para que se note su impacto sobre la cantidad de carpas?

«Los humanos sabemos cómo sobreexplotar la pesca —me dice Irons —. La pregunta es: ¿cómo podemos aprovecharnos de eso?»

Hace algunos años, Irons organizó un evento para animar a la gente a amar las carpas hasta la muerte. Lo bautizó CarpFest. Yo asistí a la inauguración, que se celebró en un parque estatal no muy lejos de Morris. Cerca de una rampa para barcas habían plantado un gran toldo, un tendido blanco en cuyo interior unos voluntarios repartían toda suerte de objetos promocionales sobre especies invasoras. Escogí un lápiz, un imán para nevera, una guía de bolsillo titulada *Las invasoras de los Grandes Lagos*, un pañuelo donde se leía LUCHA CONTRA LA EXPANSIÓN DE LAS INVASORAS ACUÁTICAS, y una lámina con consejos para evitar ser golpeado por una carpa voladora.

«Sujete el “hombre al agua” al cuerpo —aconsejaba la lámina informativa publicada por el Instituto de Historia Natural de Illinois—. Eso impedirá que la barca siga su curso si lo tiran afuera.» De una compañía que convierte las carpas en golosinas para mascotas recibí de regalo una bolsa de galletas para perro con forma de serpientes momificadas.

Encontré a Irons sentado junto a un mapa que mostraba cómo podían aprovechar las carpas asiáticas el Canal Sanitario y de Navegación para colarse en el lago Michigan. Irons es un hombre fornido con el cabello cano y ralo y una barba blanca que hace que se parezca a Santa Claus si este, fuera de temporada, acarrease un equipo de pesca.

«La gente siente una enorme estima por los Grandes Lagos, por el ecosistema, aunque esté tan alterado —me dijo—. Tenemos que andarnos con cuidado para no decir “este sistema prístino”, porque lo cierto es que ya no es del todo natural.» Irons se crio en Ohio, pescando en el lago Erie, el cual, durante los últimos años, ha experimentado proliferaciones de algas que convierten grandes extensiones de agua en una nauseabunda sopa verde. Los biólogos temen que si las carpas asiáticas consiguieran introducirse en el lago Michigan y de ahí pasasen a los otros lagos, las proliferaciones de algas serían para ellas como un bufé libre. Las ávidas carpas podrían ayudar a reducir las algas, pero también desplazarían a las especies que más gustan a los pescadores deportivos, como la lucioperca americana o la perca canadiense.

«En el lago Erie, ahí es donde veríamos el mayor impacto», advierte Irons.

Mientras conversamos, un hombre robusto filetea una gran carpa plateada en el centro de la tienda. Un corro de gente mira cómo lo hace.

«Vean cómo uso el cuchillo en ángulo», explica Clint Carter a su corro de espectadores. Había retirado la piel del pescado y ahora cortaba largos filetes de carne de sus costados.

«Se puede triturar para hacer tortitas de pescado o hamburguesas —explica Carter al grupo—, y apenas se pueden distinguir de una hamburguesa de salmón.»

Por supuesto, en Asia llevan siglos comiendo las carpas con sumo gusto. Esa es la razón de que críen a los «cuatro famosos peces domésticos» y, al menos de manera indirecta, la razón de que estos llamasen la atención de los biólogos norteamericanos en la década de 1960. Hace algunos años, cuando un grupo de científicos de Estados Unidos visitó Shanghái para aprender más sobre estos peces, el *China Daily* publicó un artículo con el titular «La carpa asiática: veneno para los americanos, delicia para el pueblo chino».[27]

«El pueblo chino come desde muy antiguo este sabroso pescado, que es una rica fuente de proteína», observaba el artículo, al que acompañaban fotografías de varios platos de aspecto delicioso, entre ellos una sopa lechosa de carpa y una carpa estofada con salsa de chile. «Servir una carpa entera es un símbolo de prosperidad en la cultura china.» Y añadía: «En los banquetes, es costumbre servirla entera como último plato».

China es un mercado obvio para la carpa asiática de Estados Unidos. El problema, según me explica Irons, es que habría que congelar el pescado para exportarlo, y los chinos prefieren comprarlo fresco. A los estadounidenses, en cambio, lo que les desagrada es que sea un pescado con mucha espina. La carpa cabezona y la plateada tienen dos filas de lo que se conoce como huesos intramusculares que, al tener forma de Y, hacen que sea casi imposible conseguir filetes sin espinas.

«La gente oye hablar de la carpa asiática (la palabra “carpa” ya les resulta malsonante) y piensan, ¡puaj! —dice Irons—. Pero cuando la prueban, cambian de opinión.» Irons recuerda que cierto año el Departamento de Recursos Naturales de Illinois sirvió unos perritos calientes hechos con salchichas de carpa en una feria del estado: «Les encantaron a todo el mundo».

Carter, que regenta una pescadería en Springfield, es, como Irons, un evangelista de la gastronomía de la carpa. Me cuenta que a un amigo suyo le había saltado una carpa a la nariz, se la había roto, y a consecuencia de ello había tenido que someterse a cirugía ocular.

«Tenemos que controlarlas —insiste—. Si consiguiéramos pescar millones o decenas de millones de kilos de carpa, ayudaría, y la única manera de hacerlo es creando demanda.» Coge los filetes que ha cortado,

los pasa por pan rallado y los fríe. Es un día caluroso de finales de verano, y suda en abundancia. Una vez cocinada la carpa empanada, la ofrece a los asistentes, que la comen con aprobación.

«Sabe a pollo», oigo que dice un niño.

Hacia el mediodía, se presenta en la tienda un hombre vestido con chaquetilla blanca de chef. Todos se refieren a él como Chef Philippe, pero su nombre completo es Philippe Parola. Aunque parisino de origen, ahora vive en Baton Rouge, y se ha desplazado hasta el norte de Illinois —doce horas en coche, aunque Parola dice haberlo hecho en solo diez— para promover su propia idea de un plato de muerte.

Parola fuma un grueso cigarro. Distribuye más productos promocionales, unas camisetas en las que se ve una carpa fumando un puro y mirando alarmada una sartén. SALVEMOS NUESTROS RÍOS, rezan las camisetas por la espalda. También ha traído consigo una gran caja. En uno de sus lados se puede leer: LA SOLUCIÓN A LA CARPA ASIÁTICA, y, justo debajo, SI NO PUEDES VENCERLA, ¡CÓMELA! En su interior hay unos pastelitos de pescado con forma de grandes albóndigas.

«Sobre un lecho de espinacas y con un poco de salsa cremosa, es un estupendo aperitivo —explica Parola con su fuerte acento francés, mientras pasa un plato con las albóndigas—. Pones dos de estas con patatas fritas y una salsa de cóctel, y puedes servirlas en un estadio de fútbol. O en el piscolabis de una boda. La versatilidad de este producto es increíble.»

Parola me explica que ha dedicado casi una década de su vida a perfeccionar el producto. La mayor parte de ese tiempo lo pasó estrujándose el cerebro con el problema del hueso en forma de Y. Había probado con enzimas especializadas y desespinadoras de alta tecnología importadas de Islandia. El resultado era siempre una papilla de carpa asiática. «Cada vez que intentaba cocinar algo con ella, se tornaba gris y adquiría el sabor del pastrami», recuerda. Por fin, llegó a la conclusión de que había que quitar las espinas del pescado a mano, pero como el coste laboral en Estados Unidos era prohibitivo, tuvo que externalizarlo.

Las albóndigas que ha traído al CarpFest están elaboradas con carpas pescadas en Luisiana que se envían congeladas a Ciudad Ho Chi Minh. Allí, me explica Parola, las carpas se descongelan, se procesan, se

empaquetan al vacío, se vuelven a congelar y se meten en un barco contenedor de vuelta a Nueva Orleans. Como concesión al prejuicio anticarpa de los estadounidenses, ha rebautizado el pescado como «aleta plateada»,* un nombre registrado.

Se hace difícil saber cuántos kilómetros habrán recorrido las «aletas plateadas» de Parola en su viaje de alevín a piscolabis, pero calculo que deben ser al menos unos treinta mil. Y eso sin contar el viaje que realizaron antes sus antepasados para llegar a Estados Unidos. ¿De verdad es esta la «solución a la carpa asiática»? Albergo mis dudas. Aun así, cuando el plato de albóndigas pasa por mi lado, cojo dos. Y lo cierto es que están bastante ricas.

2

El aeropuerto Lakefront de Nueva Orleans se asienta sobre una lengua de relleno ganada al lago Pontchartrain. Su terminal es una espléndida construcción de estilo *art déco* que, en el momento de su edificación, en 1934, se consideraba lo último de lo último. En la actualidad, la terminal se alquila para bodas y la pista la usan solamente avionetas, que es la razón de que me encuentre aquí, unos meses después del CarpFest, en el asiento del copiloto de una Piper Warrior de cuatro plazas.

El propietario y piloto de la Piper es un abogado semirretirado al que le gusta tener una buena excusa para volar. A menudo, según me explica, ofrece sus servicios para trasladar animales rescatados de un refugio a otro. Los perros, me da a entender sin acabar de decirlo, son sus pasajeros preferidos.

La Piper despega hacia el norte, por encima del lago, antes de virar de vuelta a Nueva Orleans. Llegamos al Misisipi por el Arco de los Ingleses, la curva cerrada que obliga al río a describir casi un círculo. Luego seguimos el sinuoso curso del agua hasta la parroquia de Plaquemines.

Plaquemines es la punta sudeste de Luisiana. Es aquí donde el gran embudo que es la cuenca del Misisipi se estrecha en una boca y los desechos flotantes y disueltos de Chicago acaban por verterse al mar. Sobre el mapa, la parroquia se asemeja a un brazo grueso y musculoso, lanzado hacia el golfo de México, por cuyo centro, como una vena, discurre el río. En la punta misma del brazo, el Misisipi se parte en tres y adopta una forma que recuerda unos dedos o unas garras, de donde viene el nombre que recibe esta zona: el Pie de Pájaro.

Vista desde el aire, la parroquia adquiere un aspecto muy diferente. Si es un brazo, es macilento, pues en casi toda su longitud, de más de cien kilómetros, es casi todo vena. La poca tierra sólida que se ve se pega al río en dos estrechas franjas.

A una altitud de seiscientos metros puedo distinguir las casas, granjas y refinerías que ocupan esas franjas, aunque no las personas que viven o trabajan en ellas. Más allá, solo hay mar abierto y manchas de marisma. En muchos lugares, estas últimas están atravesadas por canales. Cabe pensar que estos se excavaron cuando la tierra era más firme para llegar al petróleo que hay debajo. En algunos sitios puedo distinguir los contornos de lo que en otro tiempo fueron campos y ahora son lagos rectilíneos. Las grandes nubes blancas que flotan por encima de la avioneta se reflejan en las extensas lagunas.

Plaquemines posee la distinción, dudosa en el mejor de los casos, de contarse entre los lugares que desaparecen más rápido de la Tierra. Todos los que viven en la parroquia, que cada vez son menos, pueden señalar una sección de lo que hoy es agua, pero en otro tiempo albergaba una casa o un campamento de caza. Incluso los adolescentes lo recuerdan. No hace muchos años, la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA por sus siglas en inglés) retiró de manera oficial 31 topónimos de Plaquemines,[28] entre ellos Bay Jacquin y Dry Cypress Bayou, porque ya no había allí nada a lo que dar nombre.

Lo que está ocurriendo en Plaquemines ocurre también en toda la costa. Desde la década de 1930, Luisiana se ha encogido en más de cinco mil kilómetros cuadrados. Si Delaware o Rhode Island hubieran perdido esa superficie, Estados Unidos ya solo tendría 49 estados. Cada hora y media, Luisiana pierde la superficie de un campo de fútbol. Cada pocos minutos, la de una cancha de tenis. Sobre el mapa, el estado puede recordar a una bota, pero lo cierto es que, a día de hoy, la base de la bota está hecha trizas, pues le falta no ya la suela, sino el tacón y buena parte del arco.

Son varios los factores que explican la «crisis de pérdida de tierras», como ha dado en llamarse. Pero el principal es un prodigio de la ingeniería. Las tierras hundidas son a las parroquias de Nueva Orleans lo que las carpas saltarinas a Chicago: un desastre natural provocado por el hombre. Para controlar el Misisipi se han levantado miles de kilómetros de motas, gaviones y muros de contención contra inundaciones. Así se jactaba de ello el Cuerpo de Ingenieros del Ejército en otros tiempos: «Lo hemos

domeñado, enderezado, regulado y sometido».[29] Este enorme sistema, construido para mantener seco el sur de Luisiana, es la razón misma de que ahora la región se esté desintegrando, como un viejo y desvencijado zapato.

Así que se ha puesto en marcha una nueva ronda de proyectos de obra pública. Si el control es el problema, entonces, de acuerdo con la lógica del Antropoceno, la solución debe ser todavía más control.

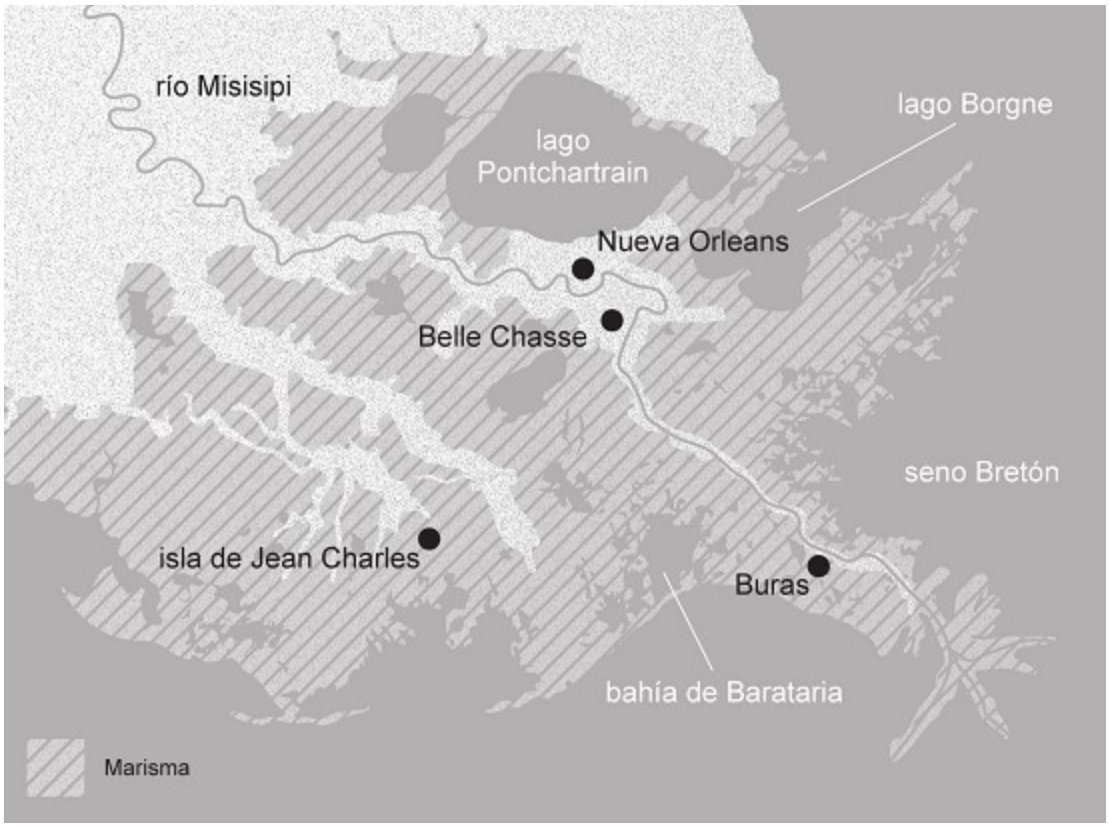
Si en Plaquemines, o casi cualquier otro lugar del sur de Luisiana, se hace un hoyo en el suelo, se encuentra un lodo turboso cuya consistencia se ha comparado con una gelatina caliente. El hoyo no tarda en llenarse de agua, lo que hace que resulte difícil conservar bajo el suelo cosas como los ataúdes, y es la razón de que en Nueva Orleans los muertos se entierren en nichos. Si se sigue excavando, enseguida se encuentra arena y arcilla. Si se excava más, se encuentra más arena y arcilla, y así a lo largo de metros y metros, varios centenares en algunos lugares. Salvo por las que se han importado para levantar los diques y reforzar las carreteras, en el sur de Luisiana no hay piedras.

En cierto sentido, también las capas de arena y arcilla se han importado. Durante millones de años ha discurrido hasta aquí una versión del Misisipi que sobre sus anchos hombros acarreaba una enorme carga de sedimentos; en el momento de la compra de Luisiana, unos cuatrocientos millones de toneladas al año.[30] «No sé mucho sobre dioses, pero creo que el río es un fuerte dios marrón», escribió T. S. Eliot.* Cada vez que el río crecía y vencía las riberas, lo que solía ocurrir casi cada primavera, esparcía el sedimento por toda la llanura. Estación tras estación, capa tras capa, se fueron acumulando arcillas, arenas y limos. Fue así como el «fuerte dios marrón» fue construyendo la costa de Luisiana con trozos de Illinois, Iowa, Minnesota, Misuri, Arkansas y Kentucky.

Como el Misisipi siempre deposita sedimentos, siempre cambia. A medida que los sedimentos se acumulan, dificultan el flujo y el río busca caminos más rápidos hacia el mar. Sus saltos más drásticos reciben el nombre de «avulsiones». Durante los últimos siete mil años, el río ha experimentado seis avulsiones, y con cada una de ellas ha creado nuevas

tierras. La parroquia de Lafourche es lo que queda del lóbulo que se depositó durante el reinado de Carlomagno. La sección occidental de la parroquia de Terrebonne son los restos de un lóbulo deltaico que se formó en tiempo de los fenicios. La ciudad de Nueva Orleans reposa sobre un lóbulo, el de San Bernardo, que se creó en tiempos de las pirámides. Muchos otros lóbulos antiguos hoy están sumergidos. El abanico del Misisipi, un enorme cono de sedimento depositado durante las glaciaciones, yace hoy bajo las aguas del golfo; es más extenso que todo el estado de Luisiana y en algunos lugares alcanza tres mil metros de grosor.

La parroquia de Plaquemines se formó del mismo modo. Geológicamente, es el bebé de la familia. Comenzó a formarse hace unos quince mil años, tras el último gran salto del río. Como es el lóbulo más joven, se podría pensar que también es el más firme, pero ocurre justo lo contrario. Los blandos suelos del delta, como de gelatina, tienden a perder agua y compactarse con el tiempo. Las capas más recientes, que son más húmedas, pierden volumen más deprisa, así que en el momento en que un lóbulo deja de crecer, empieza a hundirse. En el sur de Luisiana, por parafrasear a Bob Dylan, el lugar que «no está ocupado naciendo, está ocupado muriendo».



Buena parte del sur de Luisiana ya no son tierras emergidas.
MGMT. design

No es fácil asentarse sobre un paisaje tan mutable. No obstante, ya habitaban nativos americanos en el delta cuando este todavía se estaba creando. Su estrategia para responder a los caprichos del río, por lo que han podido determinar los arqueólogos, era la de acomodarse a ellos. Cuando el Misisipi crecía e inundaba las tierras, se mudaban a otras más elevadas. Cuando era el río el que mudaba a otro lugar, lo seguían.

Cuando los franceses llegaron al delta, se dejaron aconsejar por las tribus que vivían allí. En el invierno de 1700, erigieron un fuerte de madera sobre lo que hoy es la ribera este de Plaquemines. A Pierre Le Moyne d'Iberville, el comandante del fuerte, un guía bayogoula le había asegurado que el lugar era seco.[31] Ya fuera por engaño deliberado o por un equívoco —en el sur de Luisiana, «seco» es un término relativo—, lo cierto es que el sitio no tardó en inundarse. Un sacerdote que lo visitó al invierno siguiente encontró que los soldados tenían que caminar «con el agua hasta las rodillas» para llegar a sus cabañas.[32] En 1707, lo abandonaron. «No veo de

qué modo se pueden asentar colonos en este río»,[33] escribió a las autoridades de París el hermano de Iberville, Jean-Baptiste Le Moyne de Bienville, para justificar la retirada.

Pese a tener los pies fríos y empapados, Bienville fundó Nueva Orleans en 1718. En honor a su entorno acuático, la nueva ciudad recibió el nombre de L'Isle de la Nouvelle-Orléans. Como es lógico, los franceses decidieron construir allí donde las tierras eran más altas. En contra de lo que uno pudiera imaginar, estas eran las que estaban más pegadas al Misisipi, sobre unas crestas levantadas por el propio río. Durante las inundaciones, la arena y otras partículas pesadas tienden a sedimentar primero, y de este modo crean un dique natural (término que en inglés es *levee*, por influencia del francés, *levée*, es decir, «elevado»).

Al año de su fundación, L'Isle de la Nouvelle-Orléans sufrió su primera inundación. «El sitio está anegado por un palmo de agua», escribió Bienville.[34] Así estuvo durante seis meses. En lugar de retirarse de nuevo, los franceses se pusieron manos a la obra. Levantaron unos diques artificiales encima de los naturales y excavaron canales de drenaje en el cieno. La mayor parte de este extenuante trabajo lo realizaron esclavos africanos. En la década de 1930, los diques levantados por los esclavos se extendían por las dos riberas del Misisipi a lo largo de casi ochenta kilómetros.[35]

Estos primeros diques, hechos de tierra reforzada con maderos, fallaban a menudo. Pero establecieron una pauta que ha persistido hasta nuestros días: dado que la ciudad no se iba a mover para acomodar al río, habría que mantener a este en su sitio. Con cada inundación se mejoraban los diques, que se hacían más altos y más largos. Para cuando llegó la guerra de 1812, se extendían a lo largo de más de 240 kilómetros.[36]

Unos cuantos días después de mi vuelo sobre Plaquemines, me encuentro una vez más mirando la parroquia desde lo alto. El Misisipi crece con rapidez y se teme que las compuertas de un aliviadero situado río arriba de Nueva Orleans no funcionen. Si el agua sigue creciendo y las compuertas no se abren, la ciudad y las parroquias situadas río abajo de

aquel punto quedarán inundadas. Estoy en compañía de varios ingenieros, que comienzan a mostrarse nerviosos. Yo también siento ansiedad, aunque solo un poco, porque el Misisipi que miramos no tiene más de trece centímetros de ancho.

El Centro de Estudios Fluviales es una estación de la Universidad Estatal de Luisiana situada no muy lejos del verdadero Misisipi, en un edificio de Baton Rouge que recuerda una pista de hockey.

En medio de este centro hay una réplica del delta a escala 1:6.000 que reproduce desde la ciudad de Donaldsonville, en la parroquia de Ascensión, hasta la punta del Pie de Pájaro. El modelo está hecho con espuma de alta densidad y moldea la topografía de la región con todos sus añadidos: diques, aliviaderos y muros de contención. Con el tamaño de dos campos de baloncesto, es lo bastante robusto como para aguantar el peso de una persona. Sin embargo, cuando está en funcionamiento, como ocurre el día de mi visita, es difícil dar más de unos pocos pasos. Hay grandes charcos que representan el lago Pontchartrain y el lago Borgne, que no son verdaderos lagos, sino más bien lagunas salobres. Otros charcos representan diversos bayous (canales formados por antiguos brazos y meandros) y remansos del río. Me saco los zapatos e intento ir caminando de Nueva Orleans a la costa. Para cuando llego al Arco de los Ingleses, ya me he mojado los pies. Me guardo en el bolsillo los calcetines empapados.

Del modelo del delta, que representa una especie de mapa del relieve del futuro, se espera que simule la pérdida de tierras y el aumento del nivel del mar y ayude a contrastar estrategias para luchar contra ellos. En un lugar muy visible de una de las paredes del Centro de Estudios Fluviales se muestra una máxima atribuida a Albert Einstein: «No podemos resolver nuestros problemas con la misma forma de pensar que usamos para crearlos».

En el momento de mi visita, el modelo es tan nuevo que todavía lo están calibrando. Para ello es necesario efectuar simulaciones de desastres pasados bien documentados, como la inundación de 2011. En la primavera de ese año, una fuerte crecida, provocada por la fusión de las nieves y ayudada por semanas de intensas lluvias en todo el Medio Oeste, hizo que las aguas subieran hasta niveles nunca antes registrados. Para salvar Nueva

Orleans, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército abrió el aliviadero de Bonnet Carré, a unos cincuenta kilómetros río arriba de la ciudad. (El Bonnet Carré desagua en el lago Pontchartrain; cuando todas las compuertas están abiertas, el flujo total que las atraviesa es superior al de las cataratas de Niágara.) En el modelo, las compuertas de los aliviaderos están representadas por unas pequeñas tiras de latón sujetas con alambres de cobre. Como en pruebas anteriores se han encallado, un ingeniero las vigila sentado en una silla plegable. Se me antoja un moderno Gulliver inclinado sobre un anegado Liliput. Me fijo en que también él lleva los calcetines empapados.

En el mundo del modelo, el tiempo y el espacio se contraen. En su acelerado calendario, un año transcurre en una hora, un mes en cinco minutos. Mientras miro, las semanas pasan volando y el río sigue subiendo. Para alivio de los ingenieros, esta vez sí se abren las compuertas del Bonnet Carré en miniatura. El agua empieza a verterse desde el Misisipi por el aliviadero, y Nueva Orleans se salva, al menos de momento.

Dos contenedores distintos sirven de fuente del mini-Misisipi. Uno aporta agua clara, mientras que el otro contiene el lodo del Little Muddy, aunque no es lodo de verdad, sino sedimento simulado importado de Francia y compuesto de partículas de plástico del tamaño preciso: unas minúsculas, de medio milímetro, para representar los granos grandes de arena, y otras aún más diminutas para representar los más finos. El sedimento es negro como el azabache y resalta sobre el cauce del río y el terreno circundante, que están pintados de blanco.

Durante la inundación de mentira, algunas de las partículas salen por el aliviadero y llegan al lago Pontchartrain. Otras se depositan sobre el lecho del río, donde forman bajíos y barras de arena en miniatura. La mayor parte se la lleva el agua más abajo de Nueva Orleans, pasado el Arco de los Ingleses. En los canales del Pie de Pájaro se acumula tanto sedimento simulado que parecen estar llenos de tinta. Esta especie de tinta se dirige formando oscuros remolinos hacia el golfo, donde, si se tratase de auténtico sedimento, se perdería más allá de la plataforma continental.

Allí estaba, negro sobre blanco, el dilema de la pérdida de tierras de Luisiana. Antes de que hubiera compuertas y aliviaderos, una primavera tan lluviosa como la de 2011 habría desbordado el Misisipi y sus afluentes por encima de sus ribazos. Las aguas de las inundaciones habrían causado estragos, pero también habrían esparcido decenas de millones de toneladas de arena y arcilla sobre miles de kilómetros cuadrados de terreno. Este nuevo sedimento habría formado una nueva capa de suelo y, de este modo, habría compensado la subsidencia.

Gracias a la intervención de los ingenieros, no se había producido ni desbordamiento, ni estragos, ni, por tanto, acumulación de tierras. Bien al contrario, el futuro del sur de Luisiana se había arrastrado al mar con el agua.

El modelo del Misisipi de la Universidad Estatal de Luisiana recrea el río en miniatura.
© Drew Angerer/ Getty Images

Justo al lado del Centro de Estudio Fluviales se encuentran las oficinas centrales de la Agencia de Protección y Restauración Costera de Luisiana (Coastal Protection and Restoration Authority, CPRA por sus siglas en

inglés). Este organismo se fundó en 2005, pocos meses después de que el huracán Katrina inundase Nueva Orleans y provocase a su paso más de ochocientas muertes. Su misión oficial es implementar «proyectos relativos a la protección, conservación, mejora y restauración de las áreas costeras del estado», que es una manera bonita de decir que intenta impedir que la región desaparezca.

Durante mi estancia en Baton Rouge, me reúno un día con dos ingenieros de la CPRA junto al modelo. Mientras charlamos, alguien acciona un interruptor que controla los proyectores del techo. De repente, los campos de Plaquemines se tornan verdes, y el golfo, azul. Una imagen de satélite de Nueva Orleans brilla en el recodo que hay entre el Misisipi y el lago Pontchartrain. El efecto es fascinante, aunque algo enervante, como cuando Dorothy sale del Kansas de color sepia y entra en Oz.

«Ya ves que no hay mucha tierra en Plaquemines —me comenta Rudy Simoneaux, uno de los ingenieros, que viste una camisa con el emblema bordado de la CPRA, un círculo con hierba de marisma en uno de los lados, olas en el otro y un muro negro entre ambos—. Da un poco de miedo cuando miras el modelo y te das cuenta de lo cerca que estamos del agua.»

Simoneaux y su colega, Brad Barth, tienen que celebrar una reunión pública esa misma tarde en Plaquemines, así que después de admirar durante un rato el mini Misisipi, nos dirigimos al de verdad. Nuestro destino es Buras, localidad situada a unos dieciséis kilómetros al norte del Pie de Pájaro. Llegamos a la sede de la parroquia, Belle Chasse, a tiempo de comprar unos *po-boys*, los típicos bocadillos de marisco frito de Luisiana, para almorzar. Luego seguimos hacia el sur por la Ruta Estatal 23, la única vía de comunicación por carretera en la ribera oeste de la parroquia. Pasamos por una refinería de Phillips 66, un vivero de cítricos y unos campos tan planos y verdes como mesas de billar.

Buena parte de Plaquemines se encuentra bajo el nivel del mar; a dos metros bajo tierra, dicen algunos por aquí. Es así gracias a los diques, en concreto a cuatro series de diques. Dos de estas series discurren a lo largo del río, una a cada lado. Las otras dos, las que corresponden a lo que se conoce como «diques traseros», se extienden entre la parroquia y el golfo

para impedir que entre el mar. Los diques evitan así que entre el agua de fuera, pero también impiden que salga la de dentro. Cuando se rompen o desbordan, Plaquemines se llena como un par de largas y delgadas bañeras.

Tras el paso de Katrina, que tocó tierra en Buras, Plaquemines quedó destrozada, y pocas semanas más tarde fue asolada de nuevo por el huracán Rita, la tempestad más intensa jamás registrada en el golfo de México. Durante meses después de estos dos desastres, la Ruta 23 quedó bloqueada por barcos de pesca varados. De los árboles colgaban vacas muertas. A la espera de la siguiente catástrofe, los edificios públicos de la parroquia se sostienen hoy sobre unos dudosos pilotes. Donde otros institutos tendrían un gimnasio o una cafetería de planta baja, el de Plaquemines Sur dispone de espacio vacío suficiente para aparcar una flota entera de tráileres. (La mascota de la escuela es el remolino de un huracán.) Muchas de las casas de la parroquia están alzadas del mismo modo. Una de las viviendas que vemos al pasar se levanta hasta una altura particularmente vertiginosa; Simoneaux calcula que unos nueve metros.

«Eso sí que es estar en lo alto», comenta. La carretera sigue el río, pero por detrás de los diques, de modo que en muchos trechos el Misisipi no se deja ver. De vez en cuando aparece un barco. Desde nuestra perspectiva, en la carretera, no parece que flote sobre el agua, sino en el aire, como si fuese un dirigible.

Cerca de Ironton, Simoneaux deja la carretera para entrar en una explanada de grava. Aparcamos y saltamos una cerca de alambre para entrar en un campo abandonado. El día es bochornoso, y el campo, salpicado de charcos, apesta a podredumbre. Las moscas revolotean perezosamente en el denso aire de la tarde.

La tierra que hollamos corresponde a un proyecto conocido como BA-39. Simoneaux explica que, como el resto del delta, BA-39 debe su existencia al Misisipi, aunque no por la vía habitual. «Imagínate una barrena descomunal, de dos metros y medio, en el lecho del río», me sugiere. Al girar, la barrena fue extrayendo arena y lodo, y unas enormes bombas impulsadas por motores diésel sacaron aquella mezcla de agua y sedimentos por una tubería de acero de unos 75 centímetros de diámetro. La tubería se extendía a lo largo de ocho kilómetros, desde la ribera oeste del

Misisipi, por encima de los diques del río, bajo la Ruta 23, a través de varios campos para el ganado y sobre los diques traseros hasta alcanzar, al fin, la cuenca somera de la bahía de Barataria. Allí se fue apilando el légamo hasta que unos buldóceres lo esparcieron.

BA-39 había servido para demostrar, si es que hacía falta alguna demostración, lo que podía conseguirse con un número suficiente de tuberías, bombas y gasoil. Casi ochocientos mil metros cúbicos de lodo habían realizado el viaje de ocho kilómetros y habían servido para crear (o, para ser más precisos, recrear) 75 hectáreas de pantano. Ante nosotros teníamos todos los beneficios de las inundaciones sin el incordio de sus efectos secundarios, como los campos de cítricos anegados, las personas ahogadas o las vacas colgadas de los árboles. «Lo que hacen siglos de acumulación de tierras, nosotros lo hicimos en un año», comenta Simoneaux. El proyecto había costado seis millones de dólares, lo cual, según mis cálculos, significa que la hectárea sobre la que nos encontramos ha costado casi 75.000 dólares. El «plan maestro global», según el título un tanto redundante que le dio la CPRA, propone la realización de docenas de proyectos de «creación de pantanos» como este, cada uno con un coste de millones o, en algunos casos, decenas de millones de dólares. Pero Luisiana corre contra la Reina Roja, y en esta carrera tiene que moverse el doble de rápido solo para quedarse como está. Para igualar el ritmo de pérdida de tierras, el estado tendría que producir un nuevo BA-39 cada nueve días. Entretanto, quitada la barrena, calladas las bombas y retiradas las tuberías, el pantano artificial ha comenzado a perder agua y hundirse. Según las proyecciones de la agencia, de aquí a una década BA-39 habrá desaparecido de nuevo bajo las aguas.

Llegamos a Buras hacia las tres de la tarde y paramos junto a un letrero que anuncia AVENTURAS DE PESCA CAJÚN. El anuncio enseña patos y peces que saltan por el aire como si les hubiera sorprendido una explosión. Tras un grupo de palmeras hay una cabaña con techo a dos aguas y una piscina en el patio.

Viene a recibirnos Ryan Lambert, el guía de caza y pesca propietario del negocio. «Quiero enseñar a la gente a no hacer caso a la propaganda —dice, para explicar por qué se ha ofrecido a albergar la reunión de la tarde—. Quiero que lo vean con sus propios ojos.» Con este fin, había organizado una flotilla de barcas para llevar a los asistentes por el Misisipi. Me uno a un grupo en el que viene un periodista de la redacción local de Fox News y el enorme perro negro de Lambert.

Ya en el agua, la temperatura se nota varios grados más fresca que en la ribera. La fuerte brisa hace que las orejas del perro ondeen como banderas. Atravesamos la estela de otra barca y el periodista de la Fox casi se cae por la borda al intentar equilibrar la cámara sobre el hombro.

A diferencia de la ribera oeste de Plaquemines, por donde los diques se extienden hasta el Pie de Pájaro, en la ribera estos se acaban justo allí donde estaría el codo de la parroquia, si esta fuese un brazo. Al sur de este codo, el río se desborda con regularidad. En ocasiones abre un nuevo canal que envía agua y sedimento en nuevas direcciones y, de paso, crea nuevas tierras.

«Todo lo que ves ahí delante solía ser mar abierto —dice Lambert cuando pasamos junto a una franja de vegetación—. Ahora es hermoso y exuberante.» Sus gafas de espejo reflejan el sol bajo del crepúsculo y el río del color del té.

«¡Mira los nuevos sauces! —exclama, gesticulando con una mano mientras con la otra conduce la barca—. ¡Mira cuántas aves!»

El periodista de la Fox pregunta cómo se llama el lugar.

«Es difícil darle un nombre, porque no lo tiene, es nuevo —dice Lambert—. ¡Es el pedazo de tierra más nuevo de todo el mundo!»

Atravesamos bayous sin nombre a toda velocidad. Un gran caimán que se calienta al sol sobre un tronco se escurre dentro del agua a nuestro paso. «¿Verdad que es hermoso? —no deja de decir Lambert—. Cuando vengo aquí, me siento de maravilla. Cuando voy a la ribera oeste, solo quiero vomitar.» El recién nacido pantano emana el olor dulzón de la hierba recién cortada. A lo lejos alcanzo a ver la silueta de una gigantesca plataforma petrolera que se alza sobre el golfo.

De vuelta a la ribera oeste, en la cabaña, la reunión está a punto de comenzar. Han instalado una pantalla de proyección en una sala decorada con una cabeza de ciervo, una ardilla disecada y varios peces montados en llamativas poses. Han acudido a la reunión unas cincuenta personas, algunas se han sentado en sofás, otras permanecen apoyadas contra las paredes, bajo el ciervo y los peces.

Barth comienza con una presentación de diapositivas. Explica la geología profunda de la región, cómo se ha ido formando la costa a lo largo de miles de años, lóbulo a lóbulo, mientras el Misisipi saltaba de un lado a otro del delta. Entonces plantea el problema: ¿cómo van a vivir dos millones de personas en una región que se está hundiendo y va camino de desaparecer? Les explica que las pérdidas son especialmente graves en sus propias tierras. El área de Plaquemines ya se ha encogido en más de 1.800 kilómetros cuadrados.

«Estamos librando una dura batalla contra la subida del nivel del mar y la subsidencia —advierte Barth, y promete que la CPRA no dejará de poner barrenas y tuberías—. Intentaremos drenar del río todo el sedimento que podamos.» Pero proyectos como BA-39 apenas responden a la magnitud del reto: «Tendremos que ser audaces».

Cuando el Misisipi rompe los diques, sean naturales o artificiales, la abertura que dejan recibe el nombre de «crevasse» (grieta o rotura). Durante la mayor parte de la historia de Nueva Orleans, este término ha sido sinónimo de desastre.

En 1735, una inundación que se produjo a través de una de estas grietas anegó prácticamente toda la ciudad, que por aquel entonces estaba formada por 44 manzanas cuadradas.[37] En mayo de 1849 le tocó el turno a la «crevasse» de Sauvé. Un mes más tarde, cuando un periodista de *The Daily Picayune* contempló Nueva Orleans desde la cúpula del hotel St. Charles, vio «una lámina de agua salpicada de casas en innumerables puntos».[38] En 1858, se produjeron 45 roturas en los diques de Luisiana; en 1874, fueron 43, y en 1882, se alcanzaron las 284.[39]

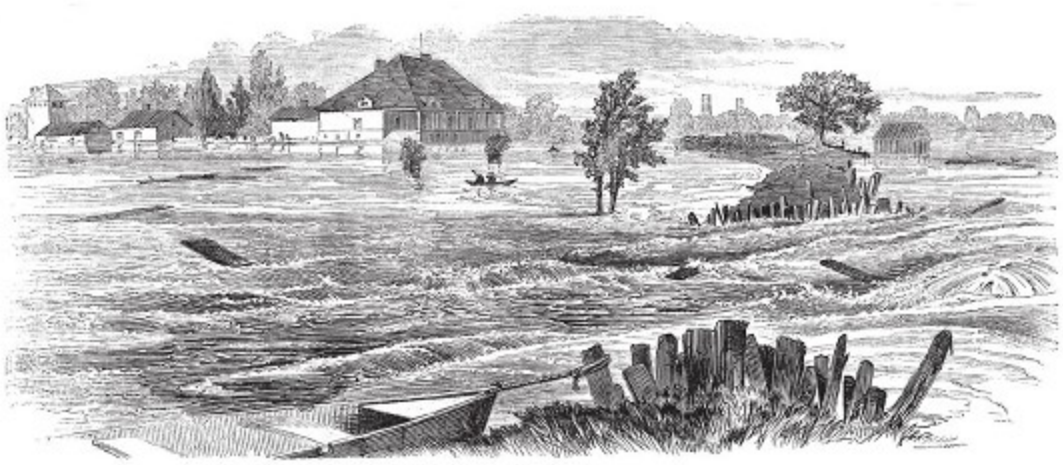


Ilustración contemporánea de la «crevasse» de Sauvé.
The Historic New Orleans Collection, 1974.25.11.2

En lo que se conoce como la «Gran Inundación de 1927» se detectaron hasta 226 roturas.[40] La inundación anegó setenta mil kilómetros cuadrados en media docena de estados. Provocó el desplazamiento de más de medio millón de personas, causó daños estimados en quinientos millones de dólares (más de siete mil millones de dólares actuales),[41] y dejó una cuenca muy húmeda. «Me he levantado esta mañana, no puedo siquiera salir de casa», se lamentaba Bessie Smith en *Backwater Blues*.

En respuesta a la Gran Inundación, el Congreso nacionalizó a todos los efectos el control de las inundaciones a lo largo del Misisipi y encomendó las obras al Cuerpo de Ingenieros del Ejército. Joseph Ransdell, por aquel entonces el senador más antiguo por Luisiana, dijo de la Ley de Control de Inundaciones de 1928 que era la legislación más importante relacionada con el agua «desde el principio de los tiempos».[42] El Cuerpo construyó nuevos diques, unos cuatrocientos kilómetros en cuatro años, y reforzó los existentes.[43] (Por término medio, estos se alzaron un metro y se dobló su volumen.)[44] Asimismo se añadió un nuevo elemento: los aliviaderos, como el Bonnet Carré. Cuando el río alcanza el nivel de inundación, las compuertas de los aliviaderos se abren para reducir la presión sobre los diques. Un poema que conmemora los trabajos del Cuerpo de Ingenieros declara:[45]

El plan fue obra maestra de la ingeniería

ejecutada por expertos, gran bajorrelieve
de diques, canales y otras mejoras
de un benefactor proyecto.

Gracias a este «benefactor proyecto», llegó a su fin el período de las «crevasses». Pero con el fin de los desbordamientos, se acabaron también los aportes de sedimentos. En la sucinta glosa de Donald Davis, un geógrafo de la Universidad Estatal de Luisiana: «Se controló el Misisipi, se perdieron tierras y se alteró el medio natural».[46]

La «audaz» propuesta de la CPRA para salvar Plaquemines consiste en rehabilitar las «crevasses» para una época pos-«crevasse». El plan maestro de la agencia sugiere perforar ocho enormes agujeros en los diques del Misisipi y dos más en los de su principal canal distributario, el Atchafalaya. Los orificios estarían controlados por compuertas y canalizados, y los propios canales estarían flanqueados por diques. A la CPRA le gusta caracterizar su propuesta como una forma de restauración, una manera de «restablecer el proceso natural de deposición de sedimentos». Y es cierto, pero solo en el mismo sentido en que podemos calificar de natural la electrificación de un río.

La más avanzada de estas «crevasses» artificiales es un proyecto conocido como Derivación de Sedimento de Barataria Media. La derivación tendrá 180 metros de anchura y 9 de profundidad, y estará revestida con suficiente hormigón y escolleras para pavimentar todo Greenwich Village. Comenzará en la ribera oeste del Misisipi, a unos 55 kilómetros río arriba de Buras, para luego, en evidente desafío de la hidrología, discurrir en una línea recta perfecta hacia el oeste a lo largo de unos cuatro kilómetros, hasta la bahía de Barataria. Cuando funcione a plena capacidad, transportará unos dos mil metros cúbicos de agua y sedimentos por segundo. Por caudal, será el decimosegundo río más grande de Estados Unidos. (A modo de comparación, el caudal medio del Hudson no llega a setecientos metros cúbicos por segundo.) Nunca antes se ha intentado nada parecido. «Es único», me dice Barth.

En la actualidad, el coste del proyecto se estima en 1.400 millones de dólares. La siguiente derivación de la lista, la de Breton Medio, que se planea ejecutar en la ribera este de Plaquemines, costaría unos ochocientos

millones de dólares. Supuestamente, la financiación para las dos desviaciones provendrá de un fondo de compensación por el vertido de BP que, en 2010, derramó más de tres millones de barriles de petróleo en el golfo de México, embadurnando la costa desde Texas a Florida. (La planificación de las otras ocho desviaciones se encuentra en una fase inicial y todavía no está garantizada la financiación.)

Muchos residentes de Plaquemines, como Lambert, ven con agrado las derivaciones como última esperanza para la parroquia. «La clave está en los sedimentos», dice Albertine Kimble, una convencida defensora de los proyectos y una de las pocas personas de la parroquia que vive fuera de los diques. Pero también hay muchos que se oponen. Unas pocas semanas antes de la reunión que se celebra en Buras, el presidente de Plaquemines protagonizó un enfrentamiento público con la CPRA al denegarles los permisos para tomar muestras de suelos en el lugar propuesto para la derivación. La agencia recogió las muestras de todos modos, pero acompañada de la policía estatal.[47]

En la cabaña de Aventuras de Pesca Cajún, Barth pasa dispositivas que muestran dónde estaría la Derivación de Barataria Media y cómo se construiría. Una animación del proceso nos lo revela casi incomprensiblemente complejo, pues requiere trasladar una vía férrea, desviar la Ruta 23 y ensamblar las enormes compuertas a partir de secciones flotantes. Una vez finalizada la estructura, nos explica Barth, la CPRA ya podría realizar inundaciones controladas. Cuando el río estuviera crecido y cargado de arena, se abrirían las compuertas. El agua, rica en sedimento, fluiría a través de Plaquemines hasta la bahía de Barataria. Al cabo de unos años, se habría depositado suficiente arena y limo como para que se comenzase a formar tierra firme. La derivación sería impulsada por el propio río, no por bombas. A diferencia de proyectos como el BA-39, seguiría aportando sedimentos año tras año.

«Cuando hablamos de derivación de sedimentos, ¿cuál es nuestro objetivo? —pregunta Barth—. Queremos maximizar el sedimento y minimizar el agua.»

Al fondo de la sala, un hombre levanta la mano. «Supongo que lo construiréis —dice, refiriéndose al proyecto de Barataria—. Pero ¿cuáles serán los daños?» Pese a las garantías que le traslada Barth, al hombre le preocupa cuánta agua se derivará hacia la cuenca de Barataria y cómo afectará eso a la pesca recreativa. «Ya podemos decirle adiós a la trucha de arroyo», declara.

«Si fuese una rotura natural, ningún problema —añade—. Pero cuando intervenimos los humanos, no suele salir bien. Por eso estamos hoy aquí.»

Pronto hará demasiado calor.

Vuelve a hacer un día bochornoso y he regresado a Nueva Orleans para reunirme con un geólogo costero llamado Alex Kolker. Profesor en el Consorcio Marino de Universidades de Luisiana, Kolker organiza ocasionalmente excursiones pedagógicas en bicicleta por la ciudad. A diferencia de los *tours* populares convencionales, centrados en los fantasmas, el vudú y los piratas, el suyo gira en torno a la hidrología. Ha accedido a llevarme a uno de sus recorridos, aunque me advierte de que tendremos que salir temprano. Al mediodía, las calles serán como una sauna.

«Esta ciudad fue construida en muy buena parte por el río —comenta Kolker cuando partimos del Garden District, que todavía está profundamente dormido—. En pocas palabras, las tierras altas están cerca del río y las bajas son antiguos pantanos y marismas.» Pedaleamos hacia el norte por la calle Josephine, lejos del Misisipi y, aunque de forma imperceptible, cuesta abajo. Las mansiones más nobles dejan paso a pequeñas casas pequeñas de estilo *shotgun* en diversos estadios de renovación o abandono.

Kolker frena junto a un bache enorme. Lo habían rellenado con asfalto, pero ya se había formado un nuevo desnivel. «La subsidencia se produce a dos escalas distintas —observa—. A una escala grande, las viejas marismas se van degradando. Luego está lo que aparece a pequeña escala, como esto.» Un poco más adelante llegamos a un pozo de alcantarilla que se alza sobre el firme como una pequeña torre.

«El pozo debe estar anclado de algún modo y no se hunde, o por lo menos no tan deprisa como el suelo que lo rodea», explica Kolker. En un letrero cercano se puede leer RUTA DE EVACUACIÓN.

En los relatos radiantes para turistas, Nueva Orleans recibe los sobrenombres de «Crescent City» (Ciudad del Creciente), porque está construida a lo largo de un meandro del río, y de «Big Easy» (la Gran Relajada) por su ambiente despreocupado. En un contexto menos optimista, los residentes la conocen como «the Bowl» (el Cuenco). En la actualidad, la mayor parte de ese cuenco se halla al nivel del mar o por debajo, en algunos puntos en más de cuatro metros. Cuando uno se encuentra en la ciudad, cuesta imaginar que toda ella se esté hundiendo bajo nuestros pies, pero así es. Un estudio reciente basado en datos de satélites reveló que algunas partes de Nueva Orleans se hunden casi quince centímetros por década.[48] «Esa es una de las tasas más rápidas de todo el planeta», apunta Kolker.

Tras unas cuantas paradas más para admirar varias zanjas y depresiones («¡Ahí hay una hoya!»), alcanzamos la Estación de Bombeo de Melpomene. Para entonces ya hemos llegado a Broadmoor, un vecindario situado a una cota tan baja que a veces se lo conoce como «Floodmoor».* La estación está cerrada, aunque a través de sus ventanas se alcanza a ver algo parecido a unos cohetes que descansan sobre el costado. Son las bombas de tornillo de Wood, así llamadas por su inventor, A. Baldwin Wood, quien patentó su diseño en 1920, un momento de confianza particularmente desmedida en el poder de la ingeniería.

«El problema de drenaje de Nueva Orleans es terrible —observaba un artículo de primera plana del *Item* en mayo de aquel año—. Para afrontarlo, Nueva Orleans ha construido el mayor sistema de drenaje de todo el mundo.»[49]

«Cada día que pasa, el hombre supera a la Naturaleza —declaraba el artículo—. Ha echado a un lado al gigante del Misisipi, impidiendo que vaya adonde le plazca.»

En 1920, Nueva Orleans presumía de seis estaciones de bombeo, entre ellas la de Melpomene. Estas permitían drenar «las viejas marismas» y convertirlas en nuevas áreas urbanizadas, como Lakeview o Gentilly. En la actualidad hay veinticuatro estaciones que, en conjunto, comprenden 120

bombas. Cuando cae una tormenta, la lluvia se encauza hacia una red de canales digna de Venecia. De allí se envía al lago Pontchartrain. Sin este sistema, buena parte de la ciudad pronto dejaría de ser habitable.

Pero tanto el estupendo sistema de drenaje de Nueva Orleans como su sistema de diques, también de primera categoría, son una especie de solución troyana. Como los terrenos pantanosos se compactan a medida que pierden agua, bombearla del suelo contribuye a agravar el problema mismo que se pretende solucionar. Cuanta más agua se bombea, más deprisa se hunde la ciudad. Y cuánto más se hunde, más bombeo se necesita.

«El bombeo es una parte importante del problema —me dice Kolker mientras nos montamos de nuevo en las sudadas bicicletas—. Acelera la subsidencia, de modo que se convierte en un bucle de realimentación positivo.»

Mientras pedaleamos, la conversación se centra en el Katrina. Kolker se mudó a Nueva Orleans unos dieciocho meses después de la tormenta. Recuerda que, durante varios años, en los edificios de toda la ciudad se podía ver con claridad la marca de aguas altas que había dejado la inundación.

«Por aquí nos acercamos a las zonas que alcanzaron entre metro y medio y dos metros y medio de agua», me indica.

Katrina fue una tormenta descomunal, peor de lo que nadie hubiera imaginado. Mientras se desplazaba hacia el norte en la madrugada del 29 de agosto de 2005, el ojo del huracán pasó al este de la ciudad. Eso significa que los vientos más fuertes también soplaron por el este, sobre ciudades como Waveland y Pass Christian, en Misisipi. Por un momento, parecía que Nueva Orleans se había salvado.

Pero la tormenta estaba empujando el agua hacia una red de canales a lo largo del margen oriental de la ciudad. Estos canales (el Canal Industrial, el Canal Intracostero del Golfo y el Desaguadero Misisipi-Golfo, que suele conocerse como «Mr. Go» por sus siglas en inglés) se habían construido para el transporte por barco, pues ofrecían un atajo entre el río y el mar. Hacia las 7.45 de la mañana, los diques del Canal Industrial fallaron y

enviaron un muro de agua de seis metros de altura contra el Lower Ninth Ward, provocando la muerte de al menos setenta y dos personas de este vecindario, ocupado sobre todo por afroamericanos.

También crecían las aguas en el lago Pontchartrain. A medida que el huracán se adentraba por el continente, las aguas se veían forzadas hacia el sur, fuera del lago y hacia los canales de drenaje de la ciudad. El efecto fue como vaciar una piscina en una sala de estar. No tardaron en ceder los muros de contención de la calle Diecisiete y del canal de London Avenue. Al día siguiente, el 8 % del cuenco que es la ciudad se encontraba bajo el agua.

Cientos de miles de personas habían sido evacuadas de Nueva Orleans antes de que llegase la tormenta. Con la ciudad inundada, no estaba nada claro cuándo podrían regresar, o siquiera si debían hacerlo. «Hay razones para no reconstruir la hundida ciudad de Nueva Orleans», rezaba un titular de *Slate* una semana después del huracán.[50]

«Ha llegado la hora de afrontar algunas realidades geológicas y empezar a planificar la deconstrucción de Nueva Orleans», declaraba un artículo de opinión en *The Washington Post*.[51] A modo de apaño temporal, su autor, Klaus Jacob, un geofísico y experto en gestión del riesgo, sugería que una parte de Nueva Orleans se convirtiese «en una ciudad para barcas». De este modo se podría permitir que el Misisipi inundase la zona de nuevo, «para llenar el “cuenco” con nuevos sedimentos». (Jacob se aventuró a decir más tarde, en 2011, que el metro de la ciudad de Nueva York se inundaría durante una gran tempestad, una predicción que cumplió al año siguiente la supertormenta Sandy.)

Un comité asesor nombrado por el alcalde de Nueva Orleans recomendó que solo se volvieran a ocupar las partes más altas de la ciudad, es decir, las situadas a lo largo del río y en las crestas de Gentilly y Metairie.[52] Luego habría que realizar un proceso público de planificación para determinar cuáles de los vecindarios de cotas bajas se podrían volver a ocupar y cuáles convendría abandonar.

Las propuestas que permitían que algunas partes de la ciudad volvieran a ser conquistadas por las aguas nunca salieron a flote: una a una, todas se rechazaron. Una retirada podría tener sentido desde un punto de vista

geofísico, pero políticamente no tenía la más mínima posibilidad. Así pues, se encargó de nuevo al Cuerpo de Ingenieros que reforzasen los diques, esta vez frente a aumentos del nivel del mar por marejadas ciclónicas provenientes del golfo. Al sur de la ciudad, el Cuerpo erigió la estación de bombeo más grande del mundo como parte de una estructura de 1.100 millones de dólares, conocida como Complejo de Cierre Occidental. Por el margen oriental, se construyó la Barrera frente a Marejadas del lago Borgne, un muro de hormigón de unos tres kilómetros de longitud y quince centímetros de grosor que costó 1.300 millones de dólares. El Cuerpo cerró también el Desaguadero Misisipi-Golfo con una presa de roca de 290 metros de anchura e instaló enormes bombas y compuertas entre los canales de drenaje y el lago Pontchartrain. Las bombas al pie del canal de la calle Diecisiete se diseñaron para mover 340 metros cúbicos de agua por segundo, un caudal mayor que el del Tíber.[53]

Estas estructuras faraónicas han mantenido la ciudad seca durante varias tormentas recientes, y, desde cierta perspectiva, Nueva Orleans parece estar ahora bastante mejor protegida que cuando fue golpeada por el Katrina. Pero lo que desde un ángulo parece una defensa, desde otro puede parecer una trampa.

«Hay que rellenar de nuevo la costa —me explica Jeff Hebert, un exteniente de alcalde de Nueva Orleans—, porque según cómo esté la costa, así estará Nueva Orleans.» Desde que se clausuró el período de «crevasses», la pérdida de tierras al sur de la ciudad la ha acercado unos treinta kilómetros al golfo de México.[54] Se estima que por cada cinco kilómetros que una tormenta viaje por tierra, la marejada se reduce en un tercio de metro.[55] Si eso es cierto, entonces la amenaza para Nueva Orleans es ahora dos metros más alta.

«A la naturaleza podrás echarla fuera a golpe de bieldo —escribió Horacio en el año 20 a. C.—, mas una y otra vez volverá y victoriosa se abrirá camino a escondidas por medio de la torpe aversión que le tienes.»*

Hacia el final de nuestro paseo por las subsidencias, Kolker y yo pedaleamos por el Barrio Francés, donde, aunque todavía es temprano, en las calles ya se agolpan los turistas armados de bebidas. En el parque

Woldenberg, subimos a lo alto del dique y miramos más allá del Misisipi, hacia Algiers.

Le pregunto a Kolker cómo ve el futuro. «El nivel del mar no dejará de subir», me responde. Las derivaciones planificadas para Plaquemines repondrán algo de tierra en las marismas que hay al sur de la ciudad, al igual que otros proyectos de drenaje más convencionales, como BA-39. «Pero creo que las áreas que no se restauren seguirán inundándose, y cada vez más a menudo. Seguiremos perdiendo superficie de marisma.» Kolker predice que, con el paso de los años, la ciudad que otrora se conocía como L'Isle de la Nouvelle-Orléans «se irá pareciendo cada vez más a una isla».

La isla de Jean Charles, en la parroquia de Terrebonne, se encuentra a unos ochenta kilómetros al oeste de Nueva Orleans, y varias décadas por delante de esta. Hay una sola y estrecha vía de acceso a la isla que en otro tiempo corría sobre tierra firme. Hoy en día, si se busca el momento adecuado, se puede pescar desde el coche.

«En primavera siempre hay agua en la carretera, siempre que sopla el viento del sur», me explica Boyo Billiot. Nos encontramos en el patio trasero de la casa donde se crio y en la que todavía vive su madre. Se alza en equilibrio ante nosotros sobre unos pilotes de casi cuatro metros. En el porche aéreo ondean varias banderas estadounidenses. Es febrero, casi al final de la temporada de caza del ciervo. Billiot viste de camuflaje, y su teléfono no para de emitir señales sonoras de los mensajes de sus compañeros de caza, que se preguntan dónde está.

Billiot es un hombre recio, con la voz grave y una perilla salpicada de canas. Su linaje se remonta a Jean Charles Naquin, que dio su nombre a la isla a principios del siglo XIX. (El epónimo Jean Charles estuvo asociado con el pirata Jean Lafitte.) Naquin tuvo un hijo, Jean Marie, que se casó con una amerindia y escapó a la isla cuando su padre lo desheredó. Los hijos de Jean Marie, a su vez, contrajeron matrimonio con descendientes de tres tribus: los biloxi, los chitimacha y los choctaw. La mayoría de sus hijos permanecieron en la isla, donde formaron una sociedad de fuertes vínculos y, en buena medida, autosuficiente.[56]

«Estuvieron aquí durante años y años sin que nadie supiese que habitaban la isla —me explica Billiot—. Cuando llegó la Gran Depresión, ni se enteraron, porque no les afectó para nada.»

Billiot creció en la isla de Jean Charles en la década de 1950 hablando una mezcla de francés, cajún y choctaw. «Todo el mundo se conocía en toda la isla», recuerda. Todavía se ganaban el pan con la pesca, la recolección de ostras y el trampeo. Su padre solía tener un barco gambero que amarraba justo delante de su casa. En aquellos días discurría un bayou por todo el largo de la isla, y la gente pescaba cangrejos en él. La carretera, que acababa de construirse, no se usaba demasiado porque la isla tenía sus propias tiendas de comestibles.

En la actualidad, todas las tiendas han desaparecido. Solo quedan unas cuarenta casas, la mayoría levantadas sobre pilotes y muchas de ellas abandonadas. Desde que Billiot era niño, la isla de Jean Charles ha pasado de 9.000 hectáreas a tan solo 130, una pérdida de superficie de más del 98 %.

La isla está desapareciendo por las razones habituales. Forma parte de un antiguo lóbulo deltaico cuyo suelo se está compactando y el nivel del mar está subiendo. A principios del siglo XX, perdió sus principales fuentes de sedimento por culpa de las medidas de control de inundaciones. Luego vino la industria del petróleo, que excavó canales a través de los pantanos que permitieron la entrada de agua salada. A medida que fue aumentando la salinidad, la vegetación de los marjales fue muriendo. Sin la vegetación, los canales se ensancharon, entró todavía más agua salada, y esta produjo más mortalidad y más ensanchamiento.

«Es casi como cuando veíamos cintas de vídeo y presionábamos el botón de avance rápido para llegar al lugar de la película que queríamos —me cuenta Chantel Comardelle, la hija de Billiot, sentada en la cocina de la casa elevada, junto a su abuela paterna, a la que llama *«Maman»*; las paredes están llenas de fotos de familia—. Esos canales eran como un botón de avance rápido del problema.»

Después de que, durante la década de 1980, sucesivos huracanes inundasen la caravana en la que vivían, Billiot y Comardelle y el resto de su familia más cercana se mudaron fuera de la isla. Con cada nueva tormenta

se perdía un pedazo más de la isla, y más familias la abandonaban. A principios de la década de 2000, se levantó un anillo de diques en torno a lo que quedaba de la isla de Jean Charles. El bayou donde antes la gente pescaba peces y cangrejos quedó así convertido en una estrecha laguna de agua estancada. En el espacio que cerraban los diques, la pérdida de tierras se frenó. Fuera, y a lo largo de la carretera, no hizo más que empeorar.

Incluso en este momento se podrían haber tomado medidas para preservar lo que quedaba de la isla de Jean Charles. Se estaban elaborando planes para un enorme sistema de protección de huracanes, conocido como Proyecto de Morganza al Golfo, y se podrían haber ampliado para que incluyesen la isla. Sin embargo, en este caso, el Cuerpo no recomendó una solución de ingeniería. Construir la ampliación habría añadido cien millones de dólares a los mil millones que ya costaba el proyecto, solo para conservar 120 hectáreas medio anegadas.[57] Con ese dinero se podía comprar cinco veces más tierra en Chicago, por poner un caso.

Los residentes de la isla, así como las familias que se han mudado fuera de ella, son todos miembros de la Banda de la Isla de Jean Charles de la tribu biloxi-chitimacha-choctaw. Comardelle es la secretaria de la banda, Billiot el teniente jefe, y el tío de Billiot, el jefe. Cuando estuvo claro que se iba a permitir que la carretera y, a la larga, la isla entera, fuesen arrastradas por las aguas, se elaboró un plan para trasladar a la comunidad entera. Para la primera fase de construcción, la banda solicitó una ayuda federal de cincuenta millones de dólares, que les fue concedida en 2016. En el momento de mi visita, sin embargo, el dinero se había quedado enredado en la política estatal, y nadie sabía con seguridad qué pasaría con él.

Al atravesar el camino junto a las casas vacías repletas de signos de PROHIBIDO PASAR, puedo entender la lógica económica de la «deconstrucción planeada» de la isla. Al mismo tiempo, la injusticia es evidente. Los biloxi y los choctaw llegaron a Luisiana después de que los desposeyeran de sus tierras ancestrales, más al este. La Banda de la Isla de Jean Charles había conseguido vivir en paz en estas tierras solo porque estaban demasiado aisladas y económicamente eran demasiado irrelevantes como para que nadie se fijase en ellas. La banda no había tenido voz ni en el drenaje de los canales para la explotación petrolera, ni en el Proyecto de Morganza al

Golfo. Habían quedado excluidos de todo plan para controlar el Misisipi, y ahora que se imponían nuevas formas de control para contrarrestar los efectos de las anteriores, también los excluían de la planificación.

«Se me hace difícil imaginar que aquí no vaya a vivir nadie —me confiesa Billiot—. Pero yo he visto cómo se ha ido erosionando.»

De lejos, la Estructura Auxiliar de Control de Old River parece una fila de esfinges unidas por las orejas. Tiene unos 130 metros de longitud y 30 de altura. Al acercarme, veo que las cabezas de las esfinges son, en realidad, grúas, y las caderas, compuertas de acero. Si hay una sola hazaña de la ingeniería que puede representar los siglos de intentos por dominar el Misisipi, por «impedir que vaya donde le plazca», esa es la Estructura Auxiliar. A diferencia de un dique o un aliviadero, construidos para impedir que el río se desborde, la estructura se erigió para detener el tiempo.

La Estructura Auxiliar se encuentra en una amplia llanura a unos 130 kilómetros río arriba de Baton Rouge. Cerca de este lugar, hace unos quinientos años, el Misisipi describió una curva, creando un tremendo embrollo hidrológico y, de paso, de nomenclatura. El meandro llevó el Misisipi tan hacia el oeste que tropezó con el Atchafalaya, que entonces era un canal distributario de otro río, el Red, que a su vez era un afluente del Misisipi. El Atchafalaya es bastante más corto y pendiente que los últimos cientos de metros del Misisipi, y el embrollo que allí se había creado planteaba un dilema al agua del mayor de los dos ríos. Podía seguir el viejo camino hacia el golfo de México pasando por Nueva Orleans y el Pie de Pájaro, o podía cambiar de ruta, tomando la más rápida que le ofrecía el Atchafalaya. Hasta mediados del siglo XVIII, una enorme presa natural de troncos en el cauce del Atchafalaya, lo bastante densa como para atravesarla caminando, complicaba la elección. Pero cuando esta se retiró —usando, entre otras cosas, nitroglicerina— empezó a bajar cada vez más agua procedente del brazo principal del Misisipi. A medida que aumentaba el caudal del Atchafalaya, su lecho se iba haciendo más ancho y profundo.

Estructura Auxiliar de Control de Old River.
© Danita Delimont/ Alamy Stock Photo

El curso natural de los acontecimientos habría llevado al Atchafalaya a hacerse cada vez más ancho y profundo hasta que, con el tiempo, se llevase por su cauce a todo el Misisipi. Eso habría dejado a Nueva Orleans en tierras bajas y secas, pero las industrias que habían crecido a lo largo del río (las refinerías, los elevadores de grano, los puertos de contenedores y las plantas petroquímicas), habrían perdido todo su valor. Esa eventualidad se tuvo por impensable, de modo que, a mediados de la década de 1950, el Cuerpo volvió a entrar en escena. Represó el antiguo meandro, conocido como Old River, y excavó dos enormes canales con compuertas. Ahora la elección del río le vendría dictada, y se mantendría su caudal como si fuese para siempre la era de Eisenhower.

Mucho antes de ir a ver la Estructura Auxiliar, había leído sobre ella en el artículo clásico de John McPhee, «Atchafalaya», un ensayo moral con oscuros tintes cómicos. En el relato de McPhee, el Cuerpo entrega su corazón, y millones de toneladas de hormigón, a la tarea de impedir la avulsión del Misisipi, y cree haberlo conseguido.

«El Cuerpo de Ingenieros puede hacer que el río Misisipi vaya adonde ellos quieran que vaya»,[58] afirma un general, tras un roce muy cercano con el desastre, en 1973, cuando estuvo a punto de perderse el mando del Control de Old River. McPhee escribe con admiración sobre el coraje, la determinación e incluso el genio del Cuerpo, pero en todo el ensayo se percibe una fuerte contracorriente. ¿No se estará engañando el Cuerpo de Ingenieros a sí mismo? ¿No lo estaremos haciendo todos?

«Atchafalaya —escribe McPhee—. La palabra vendrá ahora a nuestra mente como un eco ante cualquier contienda contra las fuerzas naturales, heroica o corrupta, impulsiva o bien meditada, cada vez que los seres humanos se llamen a sí mismos a filas para luchar contra la tierra, para tomar aquello que no les es dado, para derrotar al enemigo destructor, para cercar la base del monte Olimpo exigiendo y esperando la rendición de los dioses.»[59]

Me presento ante el Control de Old River en una hermosa tarde de domingo de finales de invierno. La oficina del Cuerpo, escondida tras una formidable verja de hierro, parece estar vacía. Sin embargo, cuando presiono un timbre junto a la vía de acceso, el intercomunicador se despierta y un especialista en recursos llamado Joe Harvey se acerca a la puerta. Va vestido como si fuera a pescar, con los pantalones metidos en unas botas de goma verdes. Harvey me conduce hasta un mirador desde donde se puede ver la Estructura Auxiliar y su canal de desagüe.

Mientras el agua se arremolina y fluye por el canal, conversamos sobre historia fluvial. «En 1900, alrededor del 10 % del caudal conjunto del Red y el Misisipi bajaba por el Atchafalaya —me explica Harvey—. En 1930, ya era un 20 %. En 1950, un 30 %.» Esa era la tendencia que hizo que el Cuerpo se decidiese a intervenir.

«Todavía dividimos en setenta-treinta», añade Harvey. Cada día, los ingenieros miden los caudales del Red y el Misisipi y reajustan las compuertas. En este domingo particular, permiten el paso de unos 1.100 metros cúbicos por segundo.

«Desde aquí hasta la desembocadura del Misisipi hay unos 500 kilómetros —prosigue—. Y de aquí a la boca del Atchafalaya, unos 225. Más o menos la mitad de la distancia. Así que el río quiere irse por aquí.

Pero si ocurriera eso…» Deja la frase en suspenso.

Dos personas pescan en el canal de desagüe desde una pequeña motora, y le pregunto a Harvey qué esperan coger. «Oh, aquí tenemos todo lo que hay en el Misisipi —declara—. Claro que ahora hay muchas carpas, y eso no es tan bueno. Intentan mantenerlas lejos de los Grandes Lagos —añade —. Aquí están por todos lados.»

McPhee incluyó «Atchafalaya» en su libro *The Control of Nature*, publicado en 1989. Desde entonces han pasado muchas cosas que complican el significado de «control», por no hablar del significado de «naturaleza». Hoy los hidrólogos suelen referirse al delta de Luisiana como un «sistema humano y natural acoplado», o, por sus siglas en inglés, CHANS. Es un término feo, otro embrollo de nomenclatura, pero no hay manera sencilla de referirse al enredo que hemos creado. Un Misisipi que hemos domeñado, enderezado, regulado y sometido todavía puede ejercer la fuerza de un dios, pero ya no es exactamente un río. Cuesta decir quién ocupa hoy el Olimpo, si es que lo ocupa alguien.

Tierra adentro

1

Un par de semanas después de la Navidad de 1849, William Lewis Manly ascendió hasta un paso de montaña y contempló «la más maravillosa escena de grandiosa desolación que se pueda presenciar». Manly se encontraba en lo que hoy es el sudoeste de Nevada, no muy lejos del monte Stirling.[1] Imaginó a sus padres en su casa de Michigan, con «generosas raciones de pan y alubias» adornando la mesa, y lo comparó con su propia situación: «el estómago vacío y la garganta áspera y seca».[2] El sol iba camino de ponerse, y sus pensamientos se tornaron más sombríos. Comenzó a sollozar, pues, como más tarde recordaría, le pareció «ver el futuro, y los resultados eran de amarga contemplación».

Manly se encontraba vagando por el desierto a causa de una serie de decisiones poco afortunadas. Tres meses antes, él y unos quinientos argonautas más se había congregado en Salt Lake City con la intención de planificar juntos un viaje hasta las tierras del oro, en el norte de California. Habían llegado a Salt Lake City demasiado tarde en el verano para tomar la ruta directa, atravesando Sierra Nevada, de modo que, para evitar la nieve, caminaron hacia el sur siguiendo una senda de caballos en dirección a Los Ángeles. A las pocas semanas se encontraron con otro contingente de viajeros atraídos por la fiebre del oro a los que conducía un embaucador neoyorquino llamado Orson K. Smith. Este llevaba consigo un tosco mapa que, según aseguraba, mostraba una ruta distinta, más rápida, hacia el oeste. La mayoría de los integrantes del grupo de Manly decidieron seguir a Smith, solo para invertir el curso unos días más tarde al descubrir que el camino quedaba cortado por un cañón tan profundo que no se podía cruzar con los carruajes.[3] (El propio Smith dio la vuelta al poco tiempo.) Sin embargo, Manly, y unas pocas docenas de viajeros más, decidieron seguir adelante por aquel ilusorio atajo.

El cañón, como no tardaron en descubrir, era el menor de sus males. Al rodearlo, se introdujeron en uno de los territorios más inhóspitos del continente, un yermo pedregal por el que, con toda probabilidad, ningún hombre blanco había transitado antes. (Un siglo más tarde, casi toda aquella área se destinaría a pruebas nucleares.) El agua era escasa y, a menudo, la que encontraban era demasiado salada para beberla. Apenas había pastos para los bueyes, cada vez más perezosos y macilentos. Cuando mataron uno para comerlo, sus huesos, observó Manly, no estaban llenos de tuétano, sino de un líquido sanguinolento «que parecía estar corrompido».[4]

Manly viajaba con un amigo que tenía mujer y tres hijos pequeños, y hacía las veces de explorador, avanzándose a los carros para reconocer el terreno. Sus informes, de vuelta al campamento, eran tan descorazonadores que al cabo de un tiempo su amigo le pidió que se los callase, pues su esposa ya no podía soportarlos.[5] A medida que el grupo se acercaba al Valle de la Muerte —que por aquel entonces era una inexplorada extensión de desierto—, el ánimo de todos adquirió tintes especialmente lúgubres. Sentados en torno a la hoguera unas pocas noches después de que Manly rompiera en sollozos, uno de los hombres describió aquella región como «el vertedero del Creador», donde «arrojó los residuos inservibles después de crear el mundo». Otro añadió que debía ser «el lugar mismo donde la esposa de Lot se convirtió en estatua de sal», solo que esta había quedado «desmenuzada y esparcida por aquellas tierras».[6]

Al alcanzar el margen opuesto del Valle de la Muerte, recobraron por un momento el optimismo. Bajo una cornisa de piedra encontraron una gruta que contenía una poza de agua cálida y transparente. Algunos de los hombres se tiraron de cabeza, y uno escribió en su diario que había «gozado de un baño de lo más refrescante».[7] Manly miró dentro del agua y observó algo extraño. La poza estaba rodeada de roca y arena, y se encontraba a muchos kilómetros de cualquier otra masa de agua. Sin embargo, estaba repleta de pececillos. Décadas más tarde recordaría aquellas minúsculas «carpitas» de «poco más de tres centímetros de longitud».[8]

La caverna con la que se encontraron aquellos enfebrecidos mineros en 1849 la conocemos hoy como el Hoyo del Diablo, y las «carpitas» son los cachorritos del Hoyo del Diablo o, en la nomenclatura científica, *Cyprinodon diabolis*. Estos cachorritos, tal como los describía Manly, no pasan de los tres centímetros de longitud. Son de color azul zafiro, con unos intensos ojos negros y una cabeza grande para su cuerpo. Se los puede distinguir sobre todo por lo que no tienen: carecen de aletas pélvicas que otros cachorritos sí poseen.

Cómo llegaron estos cachorritos al Hoyo del Diablo es, en palabras de un ecólogo, «un bello enigma».[9] La caverna es una rareza geológica, un portal a un enorme y laberíntico acuífero que discurre muy lejos bajo el suelo y contiene agua que se conserva desde el Pleistoceno. No parece factible que los antepasados de este pez hayan viajado por el acuífero; los ictiólogos consideran que lo más probable es que fuesen arrastrados hasta aquel hoyo en alguna época en la que toda aquella región era más húmeda. La poza, que no mide más de dieciocho metros de largo por dos y medio de ancho, constituye el hábitat entero de *Cyprinodon diabolis*. Es, según se cree, el área de distribución más pequeña de todos los vertebrados.

La primera vez que oí hablar del Hoyo del Diablo fue a causa de un delito que se cometió allí. Una calurosa tarde de la primavera de 2016, tres hombres, al parecer todos borrachos, saltaron la valla metálica que rodea la caverna. Uno disparó a la cámara de seguridad, se desvistió, se echó al agua y dejó los calzoncillos flotando en la poza. Otro vomitó. Al día siguiente se encontró un cachorrito muerto. A este se le practicó una autopsia y se presentaron cargos. En cierto momento, la policía permitió el acceso a las grabaciones de vigilancia, y yo las miré una y otra vez. Aunque de poca calidad, se podía ver cómo los hombres se acercaban en un 4×4 hasta llegar a la valla. Luego, desde una cámara subacuática, unas imágenes borrosas permitían ver dos pies caminando por un saliente de roca, levantando burbujas.[10]

Todo lo referente al delito, desde la autopsia a la seguridad de la prisión del condado pasando por los pequeños peces aislados en mitad del desierto de Mojave, me tenía intrigada. Comencé a leer sobre todo ello y di con las memorias de Manly, *Death Valley in ‘49*. Aprendí que los peces del desierto

conforman un grupo rico y diverso. Cada año, el Consejo de los Peces del Desierto celebra un congreso en algún lugar del norte de México o el oeste de Estados Unidos con un programa que suele alcanzar las cuarenta páginas. Los cachorritos (*pupfish* en inglés) reciben este nombre porque cuando los machos se baten por el territorio recuerdan un poco a unos cachorros peleándose. Solo en la región del Valle de la Muerte llegó a haber en algún tiempo hasta once especies y subespecies de cachorritos. Una ya se ha extinguido, y todas las demás se encuentran en peligro de extinción. El cachorrito del Hoyo del Diablo bien podría ser la especie de pez con menos individuos de todo el mundo. En un intento por preservarla, se ha construido una suerte de Westworld para peces, una réplica exacta de la poza verdadera que incluye hasta la repisa de piedra donde quedaron grabados en vídeo los pies del bañista desnudo. Mientras tanto, un frente de agua radiactiva se acerca poco a poco a la gruta desde el área de ensayos nucleares de Nevada. Cuanto más leía, más claro me parecía que tenía que visitar el Hoyo del Diablo.

Los censos de cachorritos del Hoyo del Diablo se realizan cuatro veces al año. De los recuentos se encarga un equipo de biólogos del Servicio de Parques Nacionales, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos y el Departamento de Vida Silvestre de Nevada, que son las agencias que cooperan —no sin conflictos— para salvaguardar el futuro de estos peces. Me llevó algún tiempo organizar el viaje, y para cuando lo consigo ya es momento del censo de verano y la temperatura asciende por encima de los 40 °C.

Me encuentro con el equipo en la población más cercana a la gruta, Pahrump, en el estado de Nevada. Pahrump tiene una carretera principal flanqueada por tiendas de fuegos artificiales, grandes superficies comerciales y casinos. Desde allí solo hay tres cuartos de hora en coche hasta el Hoyo del Diablo, a través de una mezcla de matorral desértico y la nada.

En tiempos de Manly, la gruta debía ser difícil de ver hasta que uno se tropezaba con ella. Hoy es imposible no verla gracias a la valla de tres metros de altura rematada con alambre de espino. Uno de los biólogos tiene la llave que abre la verja. Desde allí se llega a un sendero estrecho y resbaladizo. Pese al implacable sol, el fondo de la gruta se encuentra en la sombra. Incluso en plena canícula, la poza no recibe más de unas pocas horas de luz directa del sol al día.

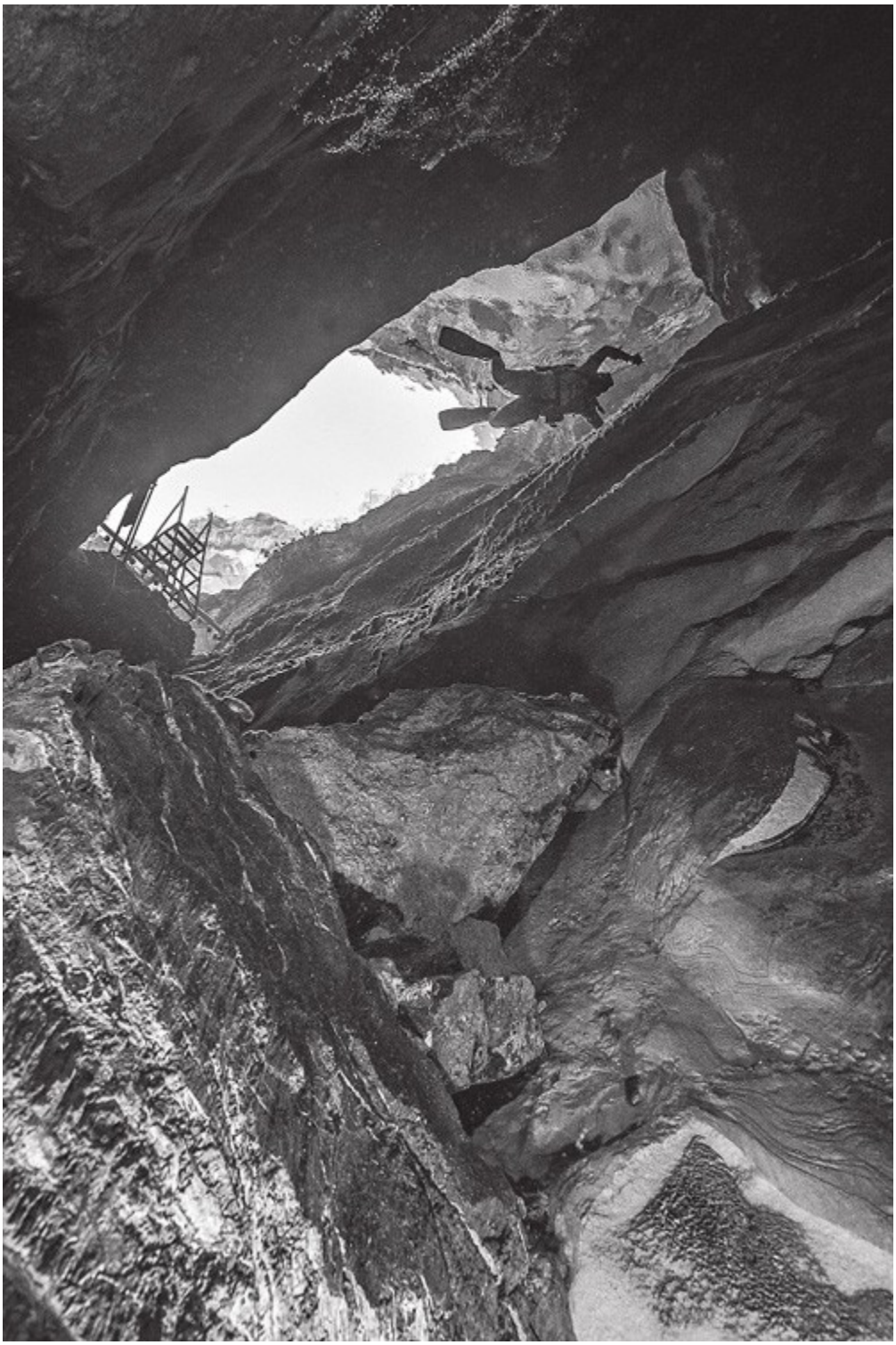
Algunos de los biólogos acarrean piezas de andamio que ensamblan para construir una pasarela. Otros cargan con botellas de buceo. Supervisando toda la operación hay un ecólogo del Servicio de Parques llamado Kevin Wilson, que ha pasado casi toda su vida adulta trabajando sobre *Cyprinodon diabolis*, por lo que está considerado algo así como el decano del Hoyo del Diablo. (Aunque este no se encuentra en el Valle de la Muerte, sino al otro lado de los montes Funeral, en el valle Amargosa, a efectos administrativos se incluye en el parque nacional del Valle de la Muerte.) Justo antes de mi llegada, Wilson apareció en un artículo de *High Country News* sobre las consecuencias del allanamiento de la morada de los cachorritos. Gracias en buena medida a sus esfuerzos, el bañista había acabado en prisión. (El que vomitó quedó en libertad vigilada.) La periodista presentaba a Wilson como un héroe, una suerte de empecinado Colombo del desierto; al mismo tiempo, lo describía como una persona barriguda y desabrida.[11] Wilson todavía anda enfurruñado por la descripción. En cierto momento, se pone de lado para que pueda apreciar el perfil de su barriga.

«¿A esto le llaman panza?», me pregunta. Le sugiero que igual sería mejor llamarla «tripita». Wilson solía estar entre los que se preparaban para la inmersión, pero no ha pasado el chequeo físico, lo que da pie a más bromas.

Una vez transportado y montado todo el material, otro de los biólogos del Servicio de Parques, Jeff Goldstein, pronuncia unas palabras más sobre seguridad. Si alguien sufriera un accidente, tendría que ser trasladado en helicóptero, y este tardaría cuarenta y cinco minutos o más en llegar. «Así que id con cuidado», les previene. Luego pregunta a todos cuántos peces creen que contarán.

«Yo digo que 148», declara Wilson. Ambre Chaudoin, también del Servicio de Parques, apuesta por 140. Olin Feuerbacher y Jenny Gumm, del Servicio de Pesca, dicen que 146 y 167, respectivamente. Brandon Senger, que trabaja para el estado de Nevada, se inclina por 175. Resulta que Chaudoin y Feuerbacher están casados. Él me cuenta que le propuso matrimonio en el Hoyo del Diablo. Wilson hace el gesto de querer vomitar.

Igual que una piscina municipal, la poza del Hoyo del Diablo tiene un extremo somero y otro profundo. El lado más profundo es muy muy profundo. Según el Servicio de Parques, baja «a más de 150 metros». Cuánto más es objeto de conjetura, puesto que nadie ha tocado fondo y vivido para contarlo. En 1965, dos jóvenes buceadores bajaron a explorarlo y nunca regresaron a la superficie. En el extremo somero hay un saliente inclinado de roca caliza, «la repisa», que se encuentra a unos treinta centímetros bajo la superficie del agua. Es sobre esta repisa donde los cachorritos suelen frezar, y también donde encuentran más alimento.



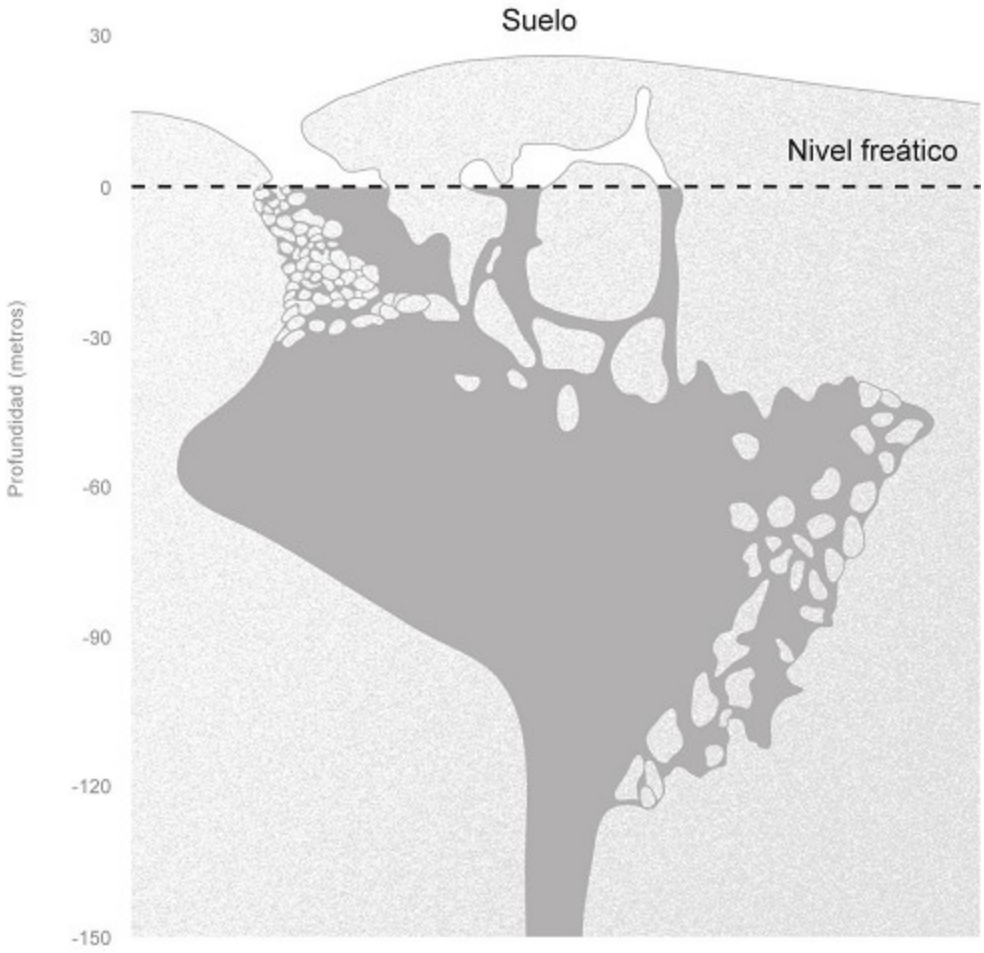
Una vista desde el agua del Hoyo del Diablo.
Fotografía de National Park Service, Brett Seymour/ Submerged Resources Center

Goldstein y Senger, ataviados con máscara, botella de oxígeno, bermudas y camiseta, se tiran al agua. A los pocos segundos desaparecen en la oscuridad. Entretanto, Chaudoin, Feuerbacher y Gumm se ponen a cuatro patas sobre la pasarela para contar los peces que hay sobre la repisa. Mientras cantan los números, Wilson los apunta en un formulario diseñado para este propósito.

Una vez finalizado el censo de la repisa, todos se retiran a la sombra para esperar desde allí a que los buceadores regresen a la superficie. Desde una de las grietas de la roca se oye cómo chillan los polluelos de alguna especie de mochuelo. El sol se arrastra por la cara oeste de la gruta. «Manteneos hidratados», advierte Wilson. Noto que alrededor de la poza hay una marca de aguas altas y le pregunto a Chaudoin al respecto. Me explica que la altura de las aguas depende de la atracción de la Luna: el acuífero que se extiende bajo nuestros pies es tan grande que experimenta mareas.

Aunque los cachorritos solo viven en la parte más superficial de la poza —no suelen verse por debajo de veinticinco metros—, la enormidad del acuífero ha influido en su evolución. En el desierto, la temperatura varía de manera drástica entre la noche y el día, el invierno y el verano. Sin embargo, el agua de la gruta, atemperada por el calor geotérmico, mantiene una temperatura casi constante, de 34 °C, durante el año y una concentración bastante uniforme, aunque baja, de oxígeno disuelto. Las condiciones ambientales de alta temperatura y bajo oxígeno suelen ser mortales, pero, de algún modo, los cachorritos del Hoyo del Diablo han evolucionado para enfrentarse a estas peculiaridades y, lo que es igual de importante, para vivir solo en ellas. Se cree que el estrés que provoca el entorno en el que habitan es lo que condujo a la pérdida de las aletas pélvicas: la producción de un par de apéndices más no merecía el gasto de energía.

Por fin se vislumbran las luces de los focos frontales de los buceadores, que rasgan la oscuridad de la poza como haces de búsqueda. Goldstein y Senger salen del agua con esfuerzo. Senger lleva una pizarra de buceo con columnas de números.



Sección transversal del Hoyo del Diablo. La gruta se encuentra arriba a la izquierda.
MGMT. design, adaptado de Alan C. Riggs y James E. Deacon, «Connectivity in Desert Aquatic Ecosystems: The Devils Hole Story».

«Esa pizarra contiene la clave del universo», declara Wilson.

Todos subimos por el sendero trazado en la roca, traspasamos la verja y nos dirigimos al aparcamiento. Senger lee los números de la pizarra y Wilson los suma a los del recuento de la repisa para obtener el total: 195. Eso son 60 cachorritos más de los que se contaron en el censo anterior, y más de lo que nadie había conjeturado. Todos se felicitan. Goldstein realiza lo que él llama «un bailecillo alegre».

«Si hay muchos peces, todos ganamos», observa.

Más tarde hago unos cálculos. En total, los cachorritos del Hoyo del Diablo pesan unos cien gramos.[12] Menos que un Filet-O-Fish de McDonald’s.

Cuando los argonautas partieron en busca de los campos de oro, confiaban en que un hombre con buena puntería nunca pasase hambre. Manly había recibido su primer rifle a los catorce años; valía, como su padre pronunció con solemnidad, «igual para balas que para perdigones».[13] No tardó en convertirse en un experto cazador, y las palomas, pavos y ciervos que se cobraba eran un celebrado añadido a la dieta de la familia. Con poco más de veinte años, Manly se fue de caza a Wisconsin. En solo tres días mató cuatro osos. Comió tanta carne que pasó todo el día siguiente vomitando. «Mientras tenga fusil y munición, puedo cazar para sobrevivir», escribiría más tarde. En 1849, él y sus compañeros llegaron, cazando por el camino, hasta Salt Lake City. Uno de los uapitíes (ciervos canadienses) que abatió Manly pesó más de 225 kilos y les proporcionó «el más fino de los manjares, digno de un sibarita».[14]

Ninguna despensa se mantiene surtida para siempre, y al tiempo que Manly cazaba para comer mientras atravesaba el continente, contribuía a que esa práctica dejase de ser factible. En la década de 1850, Thoreau se lamentaba de que habían desaparecido de Nueva Inglaterra el alce, el puma, el castor y el glotón: «¿Acaso estoy conversando con una naturaleza mutilada e imperfecta?».[15] En la década de 1860, apenas se podían encontrar pavos salvajes en bosques donde antes habían sido muy abundantes. El uapití oriental, otrora común desde el Atlántico hasta el Misisipi, ya se había extinguido en la década de 1870. Las palomas pasajeras, que se reunían en bandadas tan grandes que oscurecían el sol, se extinguieron más o menos por la misma época; el último gran evento de nidificación, que fue también la última gran masacre, tuvo lugar en 1882.[16]

«Habría sido tan fácil contar o estimar el número de hojas de un bosque como calcular el número de bisontes vivos en cualquier momento de la historia de la especie antes de 1870», escribió William Hornaday, que sirvió como taxidermista jefe del Instituto Smithsoniano y, más tarde, como director del zoo del Bronx.[17] En 1889, según cálculos de Hornaday, el número de bisontes que vivían «en estado salvaje y sin protección» había caído a menos de 650. Predijo entonces que en pocos años «apenas quedará sobre el suelo un solo hueso que señale la existencia de la más prolífica especie de mamífero que jamás haya existido, hasta donde sabemos».[18]

Ya en tiempos del Paleolítico, los humanos habían empujado a muchas especies hasta la extinción, entre ellas mamuts lanudos, rinocerontes lanudos, mastodontes, gliptodontes y camellos americanos. Más tarde, a medida que los polinesios se fueron asentando en las islas del Pacífico, acabaron con aves como el moa y el moa-nalo. (Este último era un pato con aspecto de ganso que habitaba en Hawái.) Cuando los europeos alcanzaron las islas del océano Índico, acabaron, entre otros animales, con el dodo, el rascón rojo, la focha mascareña, el solitario de Rodrigues y el ibis de Reunión.

Lo que diferencia al siglo XIX es el salvaje ritmo de la violencia. Si las pérdidas anteriores se habían producido de manera gradual, hasta el punto de que ni siquiera los propios participantes se debieron dar cuenta de lo que estaba ocurriendo, la llegada de tecnologías como el ferrocarril y el rifle de repetición convirtió la extinción en un fenómeno realmente observable. En Estados Unidos y, de hecho, en todo el mundo, era posible contemplar la extinción de especies en tiempo real. «Que una especie tenga que lamentar la muerte de otra es algo nuevo bajo el sol», observó Aldo Leopold en un ensayo que conmemoraba la desaparición de la paloma pasajera.[19]

Llegado el siglo XX, la crisis de la biodiversidad, como dio en llamarse, no hizo más que acelerarse. En nuestros días, las tasas de extinción son cientos o quizá miles de veces más rápidas que las denominadas tasas de extinción de fondo, las propias de la mayor parte del tiempo geológico.[20] Las pérdidas se extienden por todos los continentes, todos los océanos y todos los grupos taxonómicos. Junto a las especies que de manera formal se consideran en peligro de extinción hay muchas otras que van en la misma dirección. Los ornitólogos americanos han desarrollado una lista de «aves comunes en fuerte declive» que incluye especies tan familiares en Norteamérica como el vencejo espinoso, el chingolo campestre y la gaviota argéntea americana.[21] Incluso entre los insectos, una clase de animales que durante mucho tiempo se creía resistente a la extinción, las abundancias están desplomándose.[22] Ecosistemas enteros se ven amenazados, y las pérdidas han comenzado a caer en un vórtice.

En línea recta, el falso Hoyo del Diablo se encuentra a kilómetro y medio del verdadero. Está alojado en el interior de un edificio que recuerda un hangar en cuya entrada lucen dos letreros. Uno de ellos reza: AVISO: EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL OBLIGATORIO, y el segundo: ¡ATENCIÓN! MONÓXIDO DE DIHIDRÓGENO: EXTREMAR LA PRECAUCIÓN.

En mi primera visita, pregunté por los letreros. Me explicaron que se habían colocado para impedir que activistas con alta motivación política pero nulos conocimientos de química intentasen forzar la entrada y destrozar las instalaciones. (El monóxido de dihidrógeno no es otra cosa que agua.) Antes de que me permitieran entrar, tuve que poner los zapatos en una palangana que contenía algo parecido a la orina, que resultó ser un desinfectante.

En el interior, las paredes están llenas de vigas de acero, tuberías de plástico y cables eléctricos. Alrededor de un estanque de hormigón discurre un pasillo con pavimento del mismo material. El lugar es tan pintoresco como una planta industrial. De hecho, me recordó un tanque para varillas de combustible usado que vi en cierta ocasión en una visita a una central nuclear. Claro que la falsa caverna estaba hecha para los «embrujados ojos errantes de los peces»,* no para los míos.

Reproducir una hoya cuyo fondo nunca se ha tocado es del todo imposible, y, de hecho, el extremo más profundo de la copia solo baja hasta unos siete metros. Pero en todo lo demás, el modelo se acerca mucho al original. Como la poza del Hoyo del Diablo está casi siempre a la sombra, el duplicado está dotado de un techo con persianas de tablillas que se abren y cierran siguiendo las estaciones. Como la temperatura del agua en la gruta es casi constante y de 34 °C, en la simulación se dispone de un sistema de calefacción. También hay una repisa somera, que aquí es de poliestireno forrado con fibra de vidrio, pero tiene el mismo contorno. (Para fabricar la réplica se usaron imágenes obtenidas con láser de la repisa verdadera.)

Al facsímil no se han traído solo los cachorritos, sino también buena parte de la cadena trófica del Hoyo del Diablo. Sobre la repisa de poliestireno flotan nubes del mismo tipo de algas verdeazuladas que crecen sobre la roca caliza. En el agua nadan las mismas especies de minúsculos

invertebrados, desde caracoles acuáticos del género *Tryonia* hasta unos minúsculos crustáceos llamados copépodos, otros crustáceos distintos que se conocen como ostrácodos, y un par de especies de escarabajos.

Las condiciones ambientales del estanque se miden de forma continua. Si, por ejemplo, el pH o el nivel del agua comienzan a bajar, los miembros del personal que lo gestiona reciben un aviso en el ordenador. Si se produce un descenso brusco, el sistema realiza llamadas telefónicas. Más de una vez, Feuerbacher, que trabaja en estas instalaciones, ha tenido que venir en coche desde su casa en Pahrump en plena noche.

La gruta simulada se comenzó a planificar en 2006. Aquella primavera, de triste recuerdo, el censo de cachorritos bajó hasta una cifra nunca vista, de tan solo 38. «La gente estaba algo más que preocupada», me dijo Feuerbacher. Mientras se construía la instalación, que costó 4,5 millones de dólares, la población de cachorritos se recuperó un poco. Luego, en 2013, se produjo otra caída. El censo de primavera arrojó tan solo 35 cachorritos, y la instalación, todavía en fase de pruebas, se dispuso a toda prisa para su pleno funcionamiento. «Recibimos una llamada desde arriba diciendo: "¿Qué hace falta para que tengáis todo preparado en tres meses?"», recordaba Feuerbacher.

En la gruta, los cachorritos viven alrededor de un año; en el tanque, pueden llegar a vivir el doble. En el momento de mi visita, el Hoyo del Diablo II ya lleva seis años en funcionamiento y contiene una cincuentena de peces adultos. Según como se mire, eso son muchos cachorritos —unos quince más que la población total mundial en 2013— o no demasiados. Además de Feuerbacher, hay otras tres personas contratadas para trabajar en las instalaciones a tiempo completo, lo que equivale más o menos a un cuidador para cada quince peces. El número de peces es, desde luego, menor de lo que el Servicio de Pesca y Vida Silvestre confiaba en conseguir. Feuerbacher pensó entonces que la explicación podía estar en un escarabajo.

El coleóptero en cuestión, del género *Neoclypeodytes*, se había traído al tanque junto al resto de los invertebrados del Hoyo del Diablo, pero se había acomodado demasiado bien a la copia de hormigón de su casa. Se reproducía más deprisa que en estado salvaje, y en algún momento había

cultivado el gusto por las larvas de cachorrito. Un día, Feuerbacher estaba mirando grabaciones de alevines obtenidas con una cámara de vídeo especial de infrarrojos cuando vio cómo uno de los escarabajos, que tienen el tamaño de una semilla de amapola, se ponía al ataque.

«Era un poco como un perro que capta el olor —recordaba—. Comenzó a describir círculos cada vez más cerrados en torno a aquella larva y entonces se lanzó contra ella y la partió en dos.» (Para seguir con el símil del perro, eso sería como si un perro de aguas se lanzase contra un alce.) En un intento por mantener a raya la abundancia de escarabajos, el personal comenzó a ponerles trampas. Para vaciarlas, había que pasar su contenido por una fina malla y recolectar los minúsculos insectos con unas pinzas o una pipeta. Durante una hora, más o menos, miro cómo dos miembros del personal, inclinados, se abandonan a esta tarea, que tiene que repetirse cada día. Me sorprende, y no por primera vez, constatar que es mucho más fácil arruinar un ecosistema que mantenerlo.

Dependiendo de a quién se pregunte, se obtienen muchas fechas distintas para el inicio del Antropoceno. Por claridad, los expertos en estratigrafía tienden a decantarse por los primeros años de la década de 1950. Mientras Estados Unidos y la Unión Soviética luchaban desquiciadamente por la supremacía atómica, las pruebas nucleares sobre la superficie se convirtieron en rutinarias. Los ensayos dejaron tras de sí una marca más o menos indeleble: un pico en la concentración de partículas radiactivas, algunas de ellas con una vida media de decenas de miles de años.[23]

No es por casualidad que los problemas causados por *Cyprinodon diabolis* comenzasen también en aquella época. En enero de 1952, el presidente Harry S. Truman añadió el Hoyo del Diablo al parque nacional del Valle de la Muerte. En la proclamación, Truman dijo que su fin era el de proteger la «peculiar raza de peces del desierto» que vivían en la «extraordinaria poza subterránea» y «en ningún otro lugar del mundo».[24] Aquella primavera, el Departamento de Defensa hizo detonar ocho bombas atómicas en el Emplazamiento de Pruebas Nucleares de Nevada, a unos

ochenta kilómetros al norte del Hoyo del Diablo. Durante la primavera siguiente hizo detonar once bombas nucleares más. Los champiñones de las explosiones, que se podían ver desde Las Vegas, se convirtieron en una atracción turística.[25]

A medida que se consumía la década de 1950 y detonaban nuevas bombas, un promotor llamado George Swink comenzó a comprar parcelas de tierra alrededor del Hoyo del Diablo. Su plan era construir desde la nada una nueva ciudad para albergar a los trabajadores de las pruebas nucleares.[26] Poco a poco acabó adquiriendo unas dos mil hectáreas de terreno y empezó a excavar pozos, uno de ellos situado a poco más de doscientos metros de la gruta.

Fotografía de Phil Pister, California Department of Fish and Wildlife y Desert Fishes Council, Bishop, CA.

El plan de Swink se quedó en nada, pero a mediados de la década de 1960 otro promotor, Francis Cappaert, compró sus tierras. El sueño de Cappaert era convertir aquel desierto en un vergel de alfalfa. En cuanto comenzó a bombear agua del acuífero, el nivel en el Hoyo del Diablo comenzó a descender. Al acabar 1969, ya había bajado veinte centímetros. Al final del otoño siguiente, había caído unos veinticinco centímetros más. Con cada bajada, quedaba al aire una superficie mayor de la repisa somera. A finales de 1970, el área de freza de los cachorritos se había reducido al tamaño de una pequeña cocina.[27] En ese momento, a un biólogo de la Universidad de Nevada se le ocurrió la idea de construir una repisa artificial para que frezasen los peces. Hecha de madera y poliestireno, se instaló en el extremo profundo de la poza. Como el lado profundo recibe todavía menos

luz que el somero, el Servicio de Parques Nacionales colocó una ristra de bombillas de ciento cincuenta vatios para compensar la diferencia.[28] (La falsa repisa acabó siendo destruida por un terremoto que se produjo a 2.500 kilómetros de distancia, en Alaska; como el acuífero es tan grande, el Hoyo del Diablo experimenta lo que se conoce como secas sísmicas, que vienen a ser unos minitsunamis.)

Mientras tanto, en un intento por establecer poblaciones de reserva, se extrajeron varias docenas de cachorritos de la gruta. Algunos fueron a parar al Valle Salino, al oeste del Valle de la Muerte; otros a Grapevine Springs, en el propio Valle de la Muerte.[29] Un tercer grupo se trasladó a un lugar cercano al Hoyo del Diablo conocido como el Manantial del Purgatorio, y un cuarto se envió a un profesor de la Universidad Estatal de Fresno que pensaba criarlos en un acuario. Todos estos intentos por crear un refugio para la población acabaron en fracaso.

Fotografía de Phil Pister, California Department of Fish and Wildlife y Desert Fishes Council, Bishop, CA.

En 1972, con más de tres cuartas partes de la repisa al aire, el gobierno federal decidió que no tenía más alternativa que litigar contra Cappaert Enterprises. Los abogados del Departamento de Justicia argumentaron que cuando Truman había protegido el Hoyo del Diablo, también había protegido de manera implícita el agua suficiente para asegurar la supervivencia de los cachorritos. El caso Cappaert contra Estados Unidos acabó en la Corte Suprema, y, durante el camino al más alto de los tribunales, dividió a los nevadenses. Algunos veían en el pez un emblema de la frágil belleza del desierto, mientras que otros lo consideraban un

símbolo de la larga mano del gobierno federal. En los parachoques de los automóviles aparecieron letreros que decían: SALVEMOS A LOS CACHORRITOS. Y luego pegatinas rivales: MATEMOS A LOS CACHORRITOS.[30]

Cappaert acabó perdiendo el caso. (Los peces ganaron por nueve contra cero.) En las décadas que han transcurrido desde entonces, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre adquirió las tierras de la disputa y las convirtió en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Ash Meadows. En el refugio hay algunas mesas de pícnic, unos cuantos senderos y un centro de visitantes donde se vende, entre otras cosas, un cachorrito de juguete que parece un globo enfadado. Fuera, un par de letreros informan de que las posesiones de Cappaert comprendían las tierras ancestrales de dos tribus indígenas: los nuwuvi y los newe. En los servicios de mujeres (y quizá también en los de hombres) hay una placa con un pasaje de *Desert Solitaire*, de Edward Abbey.* Aunque el libro es una crónica del tiempo que Abbey pasó como guarda en el parque nacional Arches, en Utah, lo escribió casi por completo sentado a la barra de un burdel a pocos kilómetros del Hoyo del Diablo. «Agua, agua, agua», observaba:

> No falta agua en el desierto, sino que hay la cantidad justa, la razón perfecta entre agua y roca, agua y arena, para asegurar ese amplio, libre y generoso espacio que separa plantas y animales, y casas, pueblos y ciudades, y que hace del árido Oeste un lugar tan diferente de cualquier otra parte de la nación. No falta agua aquí, salvo que uno pretenda fundar una ciudad allí donde no debe haber ninguna.[31]

Jenny Gumm, que gestiona el falso Hoyo del Diablo, tiene su oficina en el centro de visitantes, en una parte del edificio cerrada a los turistas. Una mañana me paro a conversar con ella. Formada en ecología del comportamiento, Gumm acaba de mudarse a Nevada desde Texas y rebosa entusiasmo por su nuevo trabajo.

«El Hoyo del Diablo es un lugar tan especial —me explica—. De la experiencia de bajar allí abajo, como hicimos el otro día, le he preguntado a otros: "¿Acaba perdiendo la magia?". No para mí, de momento, y no creo que la pierda en mucho tiempo.»

Gumm me muestra su teléfono móvil, donde puedo ver una fotografía de un huevo de cachorrito. La noche anterior, uno de los miembros del personal de la instalación lo ha sacado del tanque. «Hoy ya debe haber un

latido de corazón —me dice—. Deberías poder verlo.» El huevo, que se había fotografiado a través del ocular de un microscopio, parecía una cuenta de vidrio.

Muchos peces —la carpa plateada, sin ir más lejos— producen miles de huevos en cada desove. Eso es lo que permite criarlos en grandes cantidades. Los cachorritos del Hoyo del Diablo producen en cada puesta un único huevo del tamaño de una cabeza de alfiler. Y no es raro que acaben comidos por los propios cachorritos.

Nos acercamos al Hoyo del Diablo II en la camioneta de Gumm y encontramos a Feuerbacher en el criadero, una habitación llena de hileras de acuarios de cristal, equipos de todo tipo y el borboteo del agua corriente. Feuerbacher ha encontrado el huevo, que flota en una cubeta de plástico, y lo pone bajo el microscopio.

Cuando el simulacro se puso en funcionamiento a toda prisa en 2013, uno de los primeros retos fue averiguar cómo surtirlo. Con tan solo 33 cachorritos del Hoyo del Diablo en todo el planeta, el Servicio de Parques Nacionales no quiso arriesgar la vida de una sola pareja reproductora. Se mostró reacio a proporcionar siquiera huevos. Tras meses de discusiones y análisis, por fin permitió que el Servicio de Pesca y Vida Silvestre recogiera huevos durante la época más desfavorable, cuando las probabilidades de que sobrevivieran en la poza eran de todas formas muy bajas. El primer verano se recogió un solo huevo, y murió. Al invierno siguiente, se recolectaron 42 huevos, 29 de los cuales se criaron con éxito hasta adultos.

El huevo que ahora está bajo el microscopio demuestra que, a pesar del problema de los escarabajos, los cachorritos del tanque se están reproduciendo. Lo han recogido con la ayuda de una suerte de minúsculo tapete colocado sobre la repisa con este propósito expreso. El tapete parece un trozo de alfombra afelpada y deshilachada. «Esta es una buena señal —anuncia Gumm—. Con suerte, habrá otros huevos que se han puesto cerca del tapete y no se los han comido.»

El huevo, en efecto, ya tiene latido. También muestra unos remolinos de un brillante color púrpura: incipientes células pigmentarias. Mientras late el pequeño corazón en el minúsculo huevo, me vienen a la memoria las

primeras ecografías de mis propios hijos y otra cita de Abbey: «Todos los seres vivos de la Tierra están emparentados».[32]

Gumm me cuenta que cada día intenta pasear en algún momento alrededor del tanque para ver si consigue ver algún pez. Esta tarde la acompaño. Los cachorritos del Hoyo del Diablo son, a su pequeña manera, bastante vistosos. Descubro un par que andan dando vueltas, tal vez haciendo su cortejo, por la parte más profunda. Los peces, apenas unas franjas azules que casi resplandecen, dan vueltas el uno alrededor del otro como si trazasen una sinuosa coreografía. Luego su paso a dos se rompe, y uno de ellos se aleja como un disparo iridiscente.

«Contemplar cómo un pequeño grupo de cachorritos describe un arco en una pequeña poza del desierto es revelar algo vital sobre el asombro», escribió Christopher Norment, un ecólogo, tras una visita al verdadero Hoyo del Diablo.[33] Lo mismo puede decirse, pienso yo, aunque el agua se haya desinfectado y traído hasta aquí por tuberías. Pero entonces, mientras observo los peces en el tanque, me pregunto: ¿asombro de qué?

Suele decirse que la naturaleza, o al menos el concepto que de ella tenemos, está entremezclada en la cultura. Mientras no hubo algo contra lo cual se pudiera comparar (tecnología, arte, conciencia) solo había «naturaleza», y, por consiguiente, ninguna utilidad real para la categoría. También debe ser cierto que para cuando la «naturaleza» se inventó, las cultura ya estaba enmarañada en ella. Hace veinte mil años domesticamos los lobos. El resultado fue una nueva especie —o, para algunos, subespecie — además de dos nuevas categorías: lo «domesticado» y lo «salvaje». Con la domesticación del trigo, hace unos diez mil años, el mundo de las plantas quedó escindido. Algunas especies se convirtieron en «cultivos», otras en «malas hierbas». En el valiente nuevo mundo del Antropoceno, las divisiones no hacen más que multiplicarse.

Pensemos en el «sinántropo», el animal que todavía no se ha domesticado pero que, por la razón que sea, resulta estar bien adaptado a la vida en las granjas o en las grandes ciudades. Los sinántropos (del griego *syn*, «junto a», y *anthropos*, «hombre») incluyen a los mapaches, los

cuervos americanos, las ratas grises, las carpas asiáticas, los ratones comunes y un par de docenas de especies de cucarachas. Los coyotes se aprovechan de la perturbación humana, pero evitan las zonas más densamente ocupadas, por lo que se han calificado de «sinántropos misántropos».[34] En botánica, los «apófitos» son plantas autóctonas que prosperan con la llegada de los humanos, mientras que los «antropófitos» aprovechan los desplazamientos de las personas para dispersarse. Los antropófitos pueden subdividirse a su vez en «arqueófitos», que se propagaron antes de la llegada de los europeos al Nuevo Mundo, y «quenófitos», que lo hicieron después.

Como es bien sabido, por cada especie que ha prosperado con los humanos, muchas otras se han visto perjudicadas, lo que ha creado la necesidad de una nueva lista de términos, más lúgubre. De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (International Union for Conservation of Nature, IUCN por sus siglas en inglés), que mantiene la llamada Lista Roja, una especie se clasifica como «vulnerable» cuando se considera que su probabilidad de extinguirse durante los próximos cien años es de al menos un 10 %. Se califica de «especie en peligro» cuando su abundancia se ha reducido en más del 50 % en una década o tres generaciones, el más largo de estos dos períodos. Cae en la categoría de «en peligro crítico» cuando ha perdido más del 80 % de su población en el mismo período. En la terminología de la IUCN, una planta o animal puede estar «extinta» (del todo extinguida) o «extinta en estado silvestre», o incluso «posiblemente extinta». Esta última categoría se reserva para las especies que, «a juzgar por la evidencia», parece probable que hayan desaparecido, aunque su extinción todavía no está confirmada. Entre los cientos de animales que en la actualidad se incluyen en la lista de «posiblemente extintos» se encuentran el murciélago narigudo de Tsushima, el colobo rojo de Waldron, la rata gigante de Emma y el chotacabras de Nueva Caledonia.[35] Varias especies, entre ellas el po’ouli, un regordete mielero nativo de Maui, ya no caminan (o saltan) por la tierra, sino que perviven como células que se conservan en nitrógeno líquido. (Todavía no se ha acuñado un término para describir este peculiar estado de animación suspendida.)

Una manera de responder a la crisis de la biodiversidad consiste simplemente en aceptarla. Al fin y al cabo, la historia de la vida está salpicada de eventos de extinción, grandes o muy muy grandes. El impacto que puso fin al Cretáceo se llevó consigo algo así como el 75 % de todas las especies de la Tierra. Nadie las lloró y, con el tiempo, otras especies evolucionaron y ocuparon su lugar. Pero por la razón que sea, llámese biofilia, llámese cuidado de la creación de Dios, llámese temor atroz, mucha gente se siente reacia a ser el asteroide. Así que hemos creado una nueva clase de animales, aquellos que hemos empujado hasta el borde de la extinción y luego hemos salvado *in extremis*. El término oficial para estas especies es «dependiente de la conservación»,[36] aunque también podríamos llamarlas «especies de Estocolmo» por su absoluto sometimiento a sus persecutores.

El cachorrito del Hoyo del Diablo es un ejemplo clásico de especie de Estocolmo. Cuando, a finales de la década de 1960, el nivel del agua de la gruta descendió, la repisa de mentira y las bombillas que instaló el Servicio de Parques Nacionales los mantuvieron vivos. Después de que los tribunales pusieran fin al bombeo de agua cerca de la gruta, el nivel del agua ascendió, pero el acuífero nunca se recuperó del todo. En la actualidad, el nivel del agua de la gruta todavía se encuentra unos treinta centímetros por debajo de donde debería estar. A consecuencia de ello, el ecosistema de la poza ha cambiado y la red trófica se ha visto afectada. Desde 2006, el Servicio de Parques ha suplementado la nutrición de los peces con artemias y otros crustáceos anostráceos. Servicio de mesa.

En cuanto a los cachorritos del tanque-refugio de cuatrocientos metros cúbicos, no sobrevivirían ni una sola estación sin los cuidados de Gumm, Feuerbacher y los otros susurradores de peces. Se intenta que las condiciones del tanque reproduzcan lo mejor posible las naturales, salvo por aquella que ha puesto en peligro al Hoyo del Diablo. El simulacro está más allá de la idea de alteración humana porque es del todo humano.

No hay una lista precisa de cuántas especies, como el cachorrito, dependen de la conservación. Como mínimo, deben ser miles. En cuanto a las formas de asistencia de las que dependen, también estas son incontables. Además de los suplementos alimenticios, se incluyen aquí la inducción de

una doble puesta, la cría en cautividad de juveniles, el uso de cercados de inclusión o exclusión, las quemas prescritas, la quelación, la migración guiada, la polinización a mano, la inseminación artificial, el entrenamiento para eludir depredadores y la aversión condicionada al sabor. La lista crece cada año. Como decía Thoreau: «Las viejas acciones para los viejos; para los jóvenes, las nuevas».[37]

El Refugio Nacional de Vida Silvestre de Ash Meadows ocupa una superficie de casi diez mil hectáreas, más o menos la que ocupa el Bronx. Dentro de sus lindes viven 26 especies que no se encuentran en ningún otro lugar del planeta. Según un folleto informativo que recojo en el centro de visitantes, eso representa «la mayor concentración de vida endémica de Estados Unidos, y la segunda mayor de Norteamérica».

Que los ambientes duros engendran diversidad es darwinismo clásico. En un desierto, las poblaciones quedan aisladas, primero físicamente, luego reproductivamente, de modo parecido a como ocurre en los archipiélagos. Los peces del Mojave y del colindante desierto de la Gran Cuenca son, en este sentido, como los pinzones de las Galápagos: cada uno habita en su propia isla de agua en un desierto de arena.

No cabe duda de que muchas de esas «islas» acabaron drenadas antes de que nadie se molestase en explorar lo que vivía en ellas. Como Mary Austin observó en 1903, «en el Oeste, el destino de toda corriente de agua de alguna entidad es convertirse en canal de riego».[38] Entre los peces que resistieron el tiempo suficiente para que alguien los describiera se encuentran la lepidomeda de Pahranagat (recolectada por última vez en 1938), la carpita de Las Vegas (vista por última vez en 1940), el cachorrito de Ash Meadows (registrado por última vez en 1948), el cachorrito de Raycraft (visto por última vez en 1953) y el cachorrito de Tecopa (desaparecido desde 1970).[39]

Otro cachorrito del desierto, el de Owens, se dio por extinto, pero volvió a encontrarse en 1964. En 1969, la especie colgaba de un hilo en una laguna del tamaño de una habitación de juego, cuando, por razones que nadie se acaba de explicar, esta quedó reducida a una charca. Alguien avisó a Phil

Pister, un biólogo del Departamento de Caza y Pesca de California, que corrió a visitar el lugar, conocido como Fish Slough (en inglés, lodazal). Pister recogió todos los cachorritos de Owens que quedaban en la charca con la intención de trasladarlos a un arroyo cercano. Con dos baldes tuvo bastante.

«Recuerdo muy bien que sentí pánico —escribiría más tarde—. Había caminado unos cincuenta metros cuando me di cuenta de que, en un sentido muy real, tenía en mis manos la existencia de toda una especie de vertebrado.»[40] Pister pasó las décadas siguientes trabajando para salvar los cachorritos de Owens, y también los del Hoyo del Diablo. A menudo le preguntaban por qué dedicaba tanto tiempo a unos animales tan insignificantes.

«¿Para qué sirven los cachorritos», le preguntaban.

«¿Para qué sirve usted?», respondía Pister.

En el Mojave, fui a ver tantos peces como pude, saltando de isla en isla, por así decirlo. En una charca no muy apartada del Hoyo del Diablo vive el cachorrito de Ash Meadows Amargosa (*Cyprinodon nevadensis miomectes*). La charca está rodeada de un paisaje tan árido que me recordó las desventuras de Manly; al alejarme un par de centenares de metros de la carretera, pensé: «Incluso en nuestros días, una persona puede morir en el Mojave y nadie se daría cuenta». Los cachorritos de Ash Meadows, que se parecen a los del Hoyo del Diablo pero tienen un color más pálido, se movían deprisa de un lado para otro, no sé si cortejándose o peleándose.

A unos cincuenta kilómetros de allí, en la pequeña población de Shoshone (California) vive otra subespecie, el cachorrito de Shoshone (*Cyprinodon nevadensis shoshone*). Como el de Owens, también este se creyó extinto, pero luego fue redescubierto, en este caso en una zanja que rodeaba un parque de caravanas. Susan Sorrells es la propietaria de las instalaciones, así como del único restaurante y la única tienda del pueblo. Con la ayuda de varias agencias estatales, creó un conjunto de estanques para los cachorritos de Shoshone, que han resultado ser mucho más adaptables que sus primos del Hoyo del Diablo.

«Pasaron de estar extinguidos a ser prolíficos», me comenta Sorrells. El sistema de manantiales de aguas termales que alimenta los estanques de los cachorritos también aporta agua a la piscina, en la que me refresco una tarde junto con un hombre barbudo. Cuando este se vuelve, veo con inquietud que en la espalda lleva tatuadas dos grandes esvásticas.

La localidad de Pahrump también solía tener su propio pez, el cachorrito de Pahrump (*Empetrichthys latos*), que todavía existe, aunque lamentablemente no aquí. El hábitat original de esta especie era una pequeña laguna alimentada por aguas de manantial en la que alguien, de forma deliberada o accidental, soltó carpines dorados. Estos prosperaron, pero a costa de desplazar a los cachorritos. La situación empeoró todavía más en la década de 1960 por culpa de la extracción de aguas subterráneas. Justo cuando la laguna estaba a punto de secarse por completo, en 1971, un biólogo de la Universidad de Nevada llamado Jim Deacon protagonizó un rescate *in extremis*. Como Pister, se llevó los peces que quedaban en un cubo. Logró salvar 32, o al menos eso se cuenta.[41]

Desde su rescate, los cachorritos de Pahrump han vivido una diáspora acuática, deambulando —o, más bien, siendo trasladados en camión— de una a otra laguna de exilio. Kevin Guadalupe, un biólogo del Departamento de Vida Silvestre de Nevada, es el Moisés de estos peces. Me reúno con él en su oficina, en Las Vegas, que está decorada con un póster que muestra las 40 especies de peces nativas de Nevada. «Casi todo lo que ves ahí está en peligro de extinción», me dice, y señala la lámina. Cuando me ofrece su tarjeta de presentación, veo que exhibe la imagen de un cachorrito del tamaño de un piñón.

En carne y hueso, los cachorritos de Pahrump miden unos cinco centímetros, y tienen el cuerpo cruzado de franjas de color azul oscuro y las aletas de tono amarillo. Como el cachorrito del Hoyo del Diablo, evolucionaron en un ambiente estresante donde, por defecto, eran los depredadores apicales. Buena parte del trabajo de Kevin consiste en intentar impedir que los cachorritos se encuentren con verdaderos depredadores. A medida que la gente introduce especies en el desierto, no paran de sonar las alarmas.

«Pasamos mucho tiempo corriendo de un lado para otro como unos posesos», me dice Guadalupe. En el Rancho de Spring Mountain, un parque estatal situado a unos ochenta kilómetros de Pahrump, visitamos el vaso seco de un lago que había albergado unos diez mil cachorritos. (El rancho había pertenecido tiempo atrás al magnate y productor Howard Hughes, aunque para cuando lo compró estaba demasiado obsesionado con los gérmenes como para salir de la suite de su hotel de Las Vegas.) La gente había tirado en el lago el contenido de sus acuarios, y los cachorritos, incapaces de resistir la depredación, estuvieron a punto de desaparecer. En un intento por deshacerse de las especies introducidas (aunque, por supuesto, los cachorritos tampoco eran de allí), se había drenado el lago entero. Su fondo de arcilla roja se nos muestra ahora cuarteado, cociéndose al sol. Tal como ha observado el historiador medioambiental J. R. McNeill, parafraseando a Marx: «Los hombres hacen su propia biosfera, pero no la hacen a su voluntad».[42]

En el Refugio Nacional de Vida Silvestre del Desierto, a unos 65 kilómetros de Pahrump, visitamos otra laguna asediada.

«Allí hay uno», me dice Guadalupe, señalando lo que parece una pequeña langosta que asoma la cabeza por el limo. Es un cangrejo rojo americano, autóctono de la costa del golfo, desde México hasta el mango de Florida, pero los han introducido en muchos sitios porque son buenos para comer. A los cangrejos, en cambio, les gusta comer cachorritos. Con el fin de darles una oportunidad a los peces, Guadalupe había instalado unos falsos arrecifes para que pudieran frezar. Estaban hechos de unos cilindros de plástico liso de los que emergían unos haces de hierba artificial. Guadalupe confiaba en que fuesen demasiado resbaladizos para los hambrientos cangrejos.

El último refugio de peces que visitamos se encuentra en un parque de Las Vegas. Cuando llegamos allí es mediodía, hace un calor de justicia y nadie en su sano juicio está al aire libre.

Aquella noche, la última que paso en Nevada, me quedo en el Strip, en una habitación del hotel Paris con vistas a la torre Eiffel. Como esto es Las Vegas, la torre se alza desde una piscina. El agua tiene el color azul del anticongelante. Desde algún lugar cercano, un sistema de sonido emite un

ritmo que me alcanza, apagado pero palpitante, a través de las ventanas aislantes del séptimo piso. Necesito una copa. Pero no me siento con ánimos para bajar a la recepción y atravesar *le concierge*, *les toilettes* y *la réception* para llegar a un falso bar francés. Pienso en los cachorritos del Hoyo del Diablo en su gruta simulada. Me preguntó si no será así como se sienten en sus momentos más infaustos.

2

Ruth Gates se enamoró del océano mirando la televisión. Cuando todavía iba a la escuela primaria, solía sentarse a ver con fascinación *El mundo submarino de Jacques Cousteau*. Los colores, las formas, la diversidad de estrategias para sobrevivir; la vida bajo las olas le parecía más espectacular que la que veía por encima de ellas. Sin saber mucho más que lo que había aprendido viendo la serie, decidió que sería bióloga marina.

«Aunque Cousteau me llegaba a través de la televisión, desvelaba los océanos como nadie lo había hecho nunca», me explica.

Gates, que creció en Inglaterra, estudió en la Universidad de Newcastle, donde las clases de ciencia marina se impartían con el telón de fondo del mar del Norte. Hizo un curso sobre corales y, una vez más, quedó embelesada. Su profesor le explicó que los corales, que son animales diminutos, llevan en el interior de sus células unas plantas todavía más pequeñas. Gates se preguntó cómo era eso posible. «No acababa de entenderlo», me confiesa. En 1985 se trasladó a Jamaica para estudiar los corales y sus simbiontes.

Era tiempos emocionantes para trabajar en aquel tema. Las nuevas técnicas de la biología molecular comenzaban a permitir el examen de la vida a su escala más íntima. Pero eran también tiempos perturbadores. Los arrecifes del Caribe se estaban muriendo. Algunos perecían a causa del desarrollo, otros por culpa de la sobrepesca o la contaminación. Dos de los principales corales constructores de arrecifes, el coral cuerno de ciervo y el cuerno de alce, estaban asolados por lo que más tarde se conocería como enfermedad de la banda blanca. (Ambos se encuentra hoy en la categoría de especies en peligro crítico de extinción.) A lo largo de la década de 1980, desapareció alrededor de la mitad de toda la cubierta de corales del Caribe.[43]

Gates prosiguió sus investigaciones en la Universidad de California en Los Ángeles, y luego en la Universidad de Hawái. Entretanto, las perspectivas para los corales se iban tornando más aciagas. El cambio climático empujaba las temperaturas del agua más allá de la tolerancia de muchas especies. En 1998, un evento global de blanqueamiento, provocado por un pico en la temperatura del agua, acabó con la vida de más del 50 % de los corales de todo el mundo.[44] En 2010 tuvo lugar otro episodio global de blanqueamiento. Más tarde, en 2014, llegó a los océanos una ola de calor que no acabó de pasar hasta casi tres años más tarde.

Los peligros derivados del calentamiento se veían agravados además por profundos cambios en la química del agua. Los corales viven en aguas alcalinas, pero las emisiones de combustibles fósiles acidifican los océanos. Un equipo de investigadores calculó que si las emisiones seguían aumentando durante varias décadas, los arrecifes de coral «dejarían de crecer y comenzarían a disolverse».[45] Otro grupo predijo que, a mediados del siglo XXI, quienes visitasen lugares como el arrecife de la Gran Barrera no hallarían en ellos más que «bancos de escombros en rápida erosión».[46] Gates no podía ni pensar en regresar a Jamaica, mucho de lo que amaba del lugar se había perdido.

Pero ella era, según su propia descripción, «de las que ven el vaso medio lleno». Se percató de que algunos corales que se habían dado por muertos estaban renaciendo. Entre ellos había algunos que conocía muy bien. ¿Alguna cualidad de ciertos corales los hacía ser más robustos que otros? ¿Y si pudiéramos identificar esos rasgos? Quizá entonces los biólogos marinos podrían hacer algo más que desesperarse. Si es posible cultivar los corales más resistentes, tal vez se pueda reconstruir los arrecifes del mundo para que sobrevivan a la acidificación y el cambio climático.

Gates puso sus ideas sobre el papel y las envió a un concurso llamado El Reto de los Océanos. Y ganó. El dinero del premio (diez mil dólares) apenas bastaba para sufragar la compra de pipetas en un laboratorio, pero la fundación que patrocinaba el concurso la invitó a que les hiciera llegar una propuesta pormenorizada. Esta vez le concedieron cuatro millones de dólares. Las noticias sobre la subvención hablaban de que Gates y sus colegas pretendían crear un «supercoral». Gates hizo suyo el concepto. Uno

de sus estudiantes de doctorado diseñó un logo: un coral ramificado con una gran S roja encima de lo que, desde una perspectiva antropocéntrica, llamaríamos pecho.

Conocí a Gates en la primavera de 2016, más o menos un año después de que recibiera la ayuda para trabajar en los supercorales y, por casualidad, al poco de que la hubieran nombrado directora del Instituto de Biología Marina de Hawái. Este instituto ocupa su propio islote, Moku o Lo'e (llamado así en hawaiano, también conocido como isla Coconut), en la bahía de Kaneohe, frente a la costa de Oahu. (Para quien haya visto *La isla de Gilligan*, Moku o Lo'e aparece en la primera secuencia de la presentación.) No hay transporte público hasta Moku o Lo'e; los visitantes se presentan en el embarcadero y, suponiendo que el barquero del instituto esté avisado, los acerca con su motora.

Gates me saluda en cuanto desembarco y caminamos hasta su oficina, muy austera y muy blanca. Tiene ventanas con vistas a la bahía y, más allá de esta, a una base militar, la del Cuerpo de Infantería de Marina de Hawái. (La base fue bombardeada por los japoneses unos minutos antes del ataque a Pearl Harbor.) Gates me explica que la bahía de Kaneohe había sido la inspiración para el proyecto del supercoral. Durante buena parte del siglo XX, se había utilizado como vertedero de aguas residuales. En la década de 1970 sus arrecifes habían desaparecido casi por completo. La bahía estaba entonces invadida por algas, y sus aguas habían adquirido un inquietante color verde brillante. Pero entonces se puso en marcha una planta depuradora de aguas residuales. Más tarde, el estado colaboró con la organización The Nature Conservancy y con la Universidad de Hawái para diseñar un artilugio, una barcaza dotada de gigantescos tubos de aspiración para extraer las algas del fondo. De manera gradual, los arrecifes comenzaron a revivir. En la actualidad hay más de una cincuentena de manchas de arrecife en la bahía.

«La bahía de Kaneohe es un gran ejemplo de una zona muy perturbada donde persistieron individuos —me explica Gates—. Si piensas en los corales que sobrevivieron, esos son los genotipos más robustos. Lo que no

te mata te hace más fuerte.»

Acabo pasando una semana con Gates en Moku o Lo'e. Un día observamos los corales a través de un enorme microscopio confocal. Gates me muestra aquello que de estudiante tanto la había intrigado. En el interior de las diminutas células de coral puedo ver sus simbiontes, todavía más minúsculos. Otro día vamos a hacer esnórquel. Ya hace dos años que se ha instalado la ola de calor marina que empezó en 2014, y muchas de las colonias de coral de la bahía muestran un fantasmal aspecto blanquecino. Muchas de ellas, me hace notar Gates, probablemente no lo superen. Pero otras todavía tienen todo su color, tostado, pardo o verdoso. Están en buen estado. «Es muy alentador ver que estos arrecifes son tan resilientes», me confía.

El tercer día visitamos un conjunto de acuarios situados en el exterior, en los que cultivan los corales recogidos de la bahía en unas condiciones ambientales controladas de manera muy precisa. El objetivo no es proporcionar un entorno óptimo, como en la piscina de los cachorritos, sino casi todo lo contrario: los corales se cultivan bajo un estrés controlado. Los que prosperan, o por lo menos sobreviven, pueden cruzarse entre sí y su descendencia colocarse de nuevo en estos grandes tanques para someterlos a más estrés. La esperanza es que, tras someterlos a esta presión selectiva, los corales experimenten una suerte de «evolución asistida». Estos corales se podrían utilizar entonces para sembrar los arrecifes del futuro.

«Soy realista —me confiesa Gates en cierto momento—. No puedo seguir viviendo con la esperanza de que nuestro planeta no cambie de manera radical. De hecho, ya ha cambiado.» Podemos «ayudar» a los corales a habérselas con ese cambio que nosotros mismos hemos provocado, o podemos limitarnos a ser testigos de su desaparición. Cualquier otra cosa es, a su entender, una ilusión. «Mucha gente quiere volver a ver algo —me dice—. Y piensan que solo con que dejemos de hacer cosas, igual el arrecife vuelve a ser lo que era.»

«En realidad soy futurista —me dice en otra ocasión—. Nuestro proyecto reconoce que nos dirigimos a un futuro en el que la naturaleza ya no es del todo natural.»

Gates es tan carismática que, aunque he llegado a Moku o Lo'e con una libreta llena de dudas, me siento inspirada por ella. Un par de veces, cuando ya había acabado con sus tareas en el instituto, salimos a cenar, y al final, con tanto hablar, vamos más allá de la relación de una periodista con su interlocutor para acercarnos a algo más parecido a una amistad. Cuando hace poco comencé a hacer preparativos para reunirme otra vez con Gates, para ver cómo les iban las cosas a los supercorales, me escribió para decirme que se estaba muriendo. Solo que no lo expresó de este modo, sino que me dijo que tenía lesiones en el cerebro, que iba a hacer un tratamiento en México y que, fuese cual fuese su enfermedad, iba a superarla.

Como Ruth Gates, Charles Darwin se sintió intrigado por los corales. Su primer encuentro con un arrecife se produjo en 1835. Navegaba en el *Beagle*, de las Galápagos a Tahití, cuando, desde la cubierta de la nave, vio unos «curiosos anillos de tierra de coral» que apenas asomaban en pleno mar abierto, lo que hoy conocemos como atolones.[47] Darwin sabía que los corales eran animales y que los arrecifes eran obra suya. Pese a ello, su construcción lo tenía desconcertado. «Estas islas de coral, bajas y huecas, no guardan proporción alguna con el vasto océano donde se elevan de manera abrupta», escribió. ¿Cómo era eso posible?, se preguntaba.

Darwin reflexionó durante largos años sobre este misterio, que se convirtió en el tema de su primera publicación científica importante, *La estructura y distribución de los arrecifes de coral*. La explicación que se le ocurrió —controvertida en su tiempo pero que hoy tenemos por correcta— es que en el centro de cada atolón se encuentra un volcán extinguido. Los corales se habrían adherido a las laderas del volcán, y a medida que este expiraba y se hundía poco a poco, el arrecife habría seguido creciendo hacia arriba, hacia la luz. Un atolón, observaba Darwin, era una suerte de monumento a una isla desaparecida, «erigido por miríadas de diminutos arquitectos».[48]

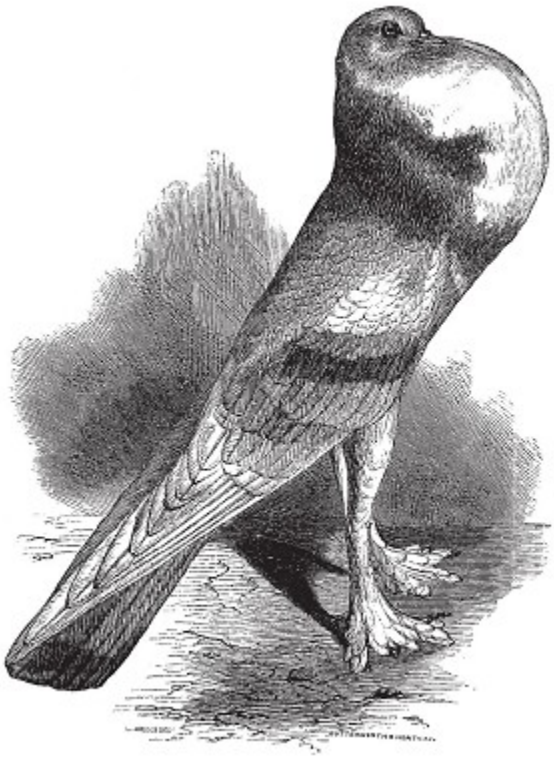
El mismo mes en que Darwin publicó su monografía sobre los arrecifes, en mayo de 1842, esbozó también por primera vez sus revolucionarias ideas sobre la evolución, o «transmutación», como en su día se conocía el

fenómeno. Escribió su bosquejo a lápiz y, en palabras de uno de sus biógrafos, constaba de «35 folios de garabatos elípticos e indescifrables».[49] Darwin lo guardó en un cajón. En 1844 lo amplió hasta las 233 páginas, solo para guardar una vez más el manuscrito. Tenía todo tipo de razones para mostrarse renuente a publicar sus ideas, entre ellas la casi absoluta falta de pruebas.

Darwin estaba convencido de que la evolución no podía observarse. Se producía de manera demasiado gradual como para que pudiera percibirse en el curso de una vida humana, quizá de varias. «Nada vemos de estos cambios lentos y progresivos hasta que la mano del tiempo ha marcado el transcurso de las edades», escribiría.[50] Entonces ¿cómo podía demostrar su teoría?

Encontró la solución en las palomas. En la Inglaterra victoriana, las palomas de fantasía estaban de moda. (La propia reina Victoria criaba algunas.) Se constituían clubes, se organizaban exposiciones y hasta se escribían poemas dedicados a estas palomas. «Bajo la compasiva sombra de este amable laurel / el patriarca del redil en paz descansa», comenzaba la oda a un predilecto palomo, muerto a los doce años de edad.[51] Los criadores buscaban docenas de variedades, entre ellas las colipavas, que, como el nombre sugiere, tienen las plumas de la cola dispuestas como un extravagante abanico; las volteadoras, que dan vueltas de campana en pleno vuelo; las monjas, que parece que lleven gorguera; las *barb*, que exhiben una especie de ribetes en torno a los ojos; y las buchonas, que cuando hinchan el buche, parece que se hayan tragado un globo.

Darwin hizo instalar un columbario en su patio trasero y utilizaba sus aves para realizar todo tipo de cruces experimentales: monjas con volteadoras, por ejemplo, o *barbs* con colipavas. Hervía luego los cuerpos de las palomas muertas para conseguir sus esqueletos, una tarea que, según él mismo explicaba, le producía «terribles arcadas».[52] Cuando por fin se decidió a publicar *El origen de las especies*, en 1859, las palomas se pavonearon por muchas de sus páginas.



Un buchón inflando el buche.
Publicado originalmente en Charles Darwin, *Animals and Plants Under Domestication*, vol. 1.

«He tenido todas las razas que pude comprar o conseguir —nos informa en el primer capítulo—. Me he relacionado con diferentes aficionados eminentes y he sido admitido en dos clubs colombófilos de Londres».[53]

Para Darwin, las monjas, las colipavas, las volteadoras y las *barb* constituían evidencia de la transmutación, aunque de manera indirecta. Con solo escoger qué aves apareaban, los criadores de palomas habían desarrollado linajes que apenas se parecían. «Si el hombre, tan débil, es capaz de hacer mucho por selección artificial —especulaba Darwin—, no puedo ver ningún límite para la cantidad de variación» que se pueda conseguir «mediante el poder de la selección de la naturaleza».[54]

Un siglo y medio después de *El origen de las especies*, la argumentación por analogía de Darwin todavía resulta convincente, aunque cada año resulta más difícil mantener el significado de los términos. El «débil hombre» está modificando el clima, que ejerce fuertes presiones selectivas. Lo mismo puede decirse de muchas otras formas de «cambio global»: deforestación, fragmentación del hábitat, introducción de

depredadores, introducción de patógenos, polución lumínica, contaminación del aire y del agua, herbicidas, insecticidas y rodenticidas. Tras *Fin de la naturaleza*,[55] ¿a qué podemos llamar selección natural?

Madeleine Van Oppen conoció a Ruth Gates en un congreso celebrado en México en 2005. Van Oppen es neerlandesa, pero para entonces ya llevaba casi una década viviendo en Australia. Los temperamentos de las dos mujeres resultaban opuestos: Van Oppen era tan reservada como Gates extravertida; pese a ello, se entendieron desde el primer minuto. Van Oppen también había comenzado su carrera científica cuando las nuevas técnicas moleculares empezaban a estar disponibles, y también ella se había dado cuenta enseguida de su potencial. Las dos mujeres empezaron a conversar de manera regular desde sus distintas zonas horarias y colaboraron para escribir varios artículos. Entonces, en 2011, Gates invitó a Van Oppen a un congreso en Santa Bárbara. Durante su estancia, se dieron cuenta de que ambas se interesaban por los mecanismos que utilizan los corales para enfrentarse al estrés de su entorno. ¿Había alguna manera de aprovecharse de estos mecanismos para ayudarlos a enfrentarse al cambio climático?

«Hablamos mucho sobre la idea de “evolución asistida” —me dijo Van Oppen—. Fue a nosotras a quienes se les ocurrió ese término.» La propuesta que Gates envió a El Reto de los Océanos estaba escrita a cuatro manos con Van Oppen. Allí estipulaban que, si ganaban el concurso, la mitad de los fondos irían a Hawái y la otra mitad a Australia.

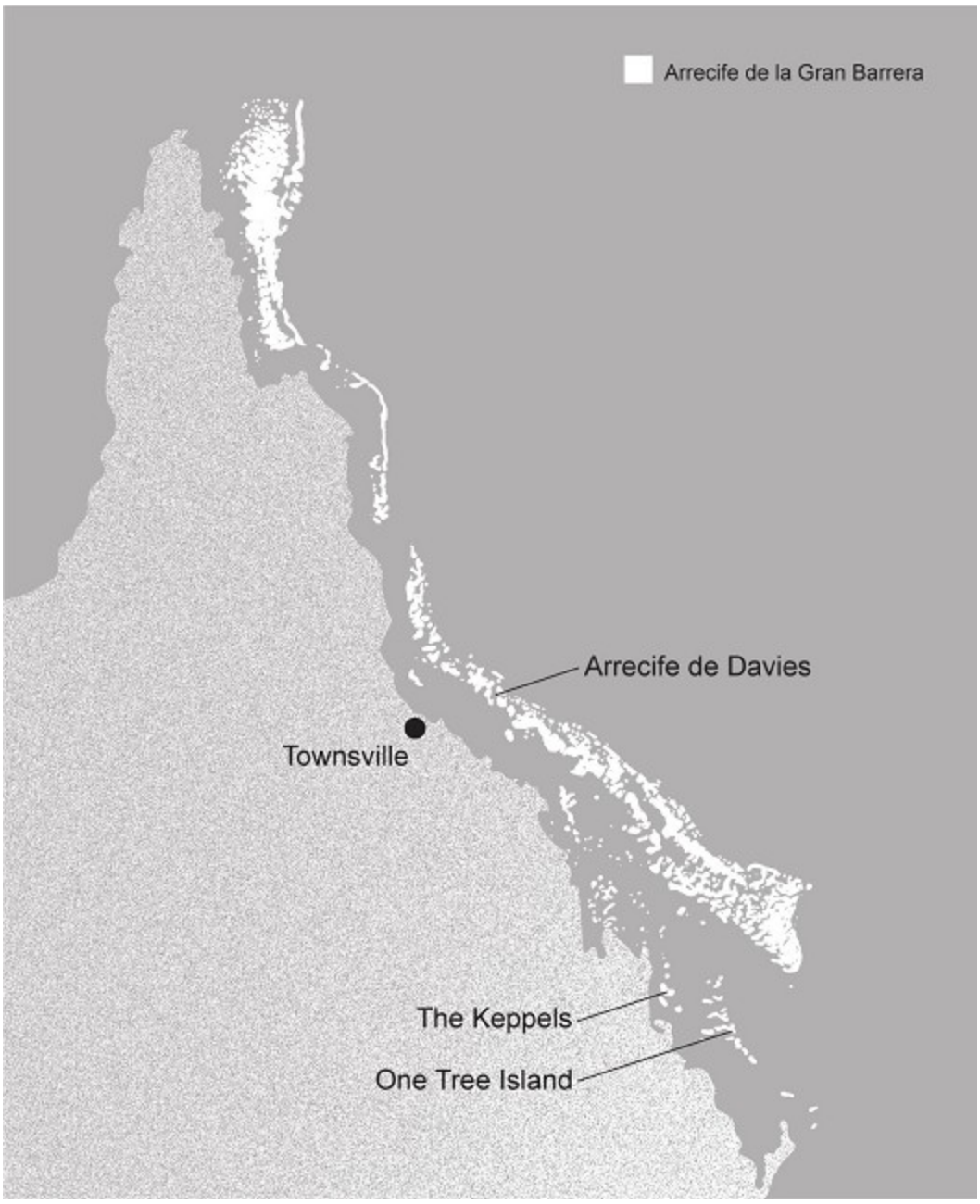
Visito a Van Oppen casi al año exacto de la muerte de Gates. Nos encontramos en su oficina de la Universidad de Melbourne, en lo que había sido el edificio de botánica, al final de un pasillo presidido por una vidriera policromada con representaciones de orquídeas autóctonas. La conversación no tarda en derivar hacia Gates.

«Era tan divertida, estaba tan llena de energía —recuerda Van Oppen, el rostro sombrío—. Todavía no me puedo creer que ya no esté. Realmente te hace comprender lo frágil que es la vida.»

Desde mi estancia en Hawái, el proyecto de los supercorales ha progresado, pero también se ha agravado la crisis de los arrecifes. La ola de calor que comenzó en Hawái en 2014 alcanzó la Gran Barrera en 2016, provocando otro episodio de blanqueamiento global. Para cuando cesó, al año siguiente, había afectado a más del 90 % del arrecife de la Gran Barrera[56], y habían muerto alrededor de la mitad de sus corales.[57] Las especies de crecimiento rápido fueron las más perjudicadas; sufrieron lo que los investigadores denominan un colapso «catastrófico».[58] Terry Hughes, un biólogo especializado en corales de la Universidad James Cook, en Australia, realizó una prospección aérea de los daños y la mostró a sus estudiantes. «Y entonces sollozamos», escribió en un tuit.

Durante un episodio de blanqueamiento, lo que se rompe es la relación entre los corales y sus simbiontes. A medida que asciende la temperatura, las algas sobreaceleran y comienzan a producir niveles peligrosos de radicales de oxígeno. Para protegerse, los corales expulsan las algas y, en consecuencia, se vuelven blancos. Si la ola de calor se frena a tiempo, los corales pueden atraer a nuevos simbiontes y se recuperan. Si se prolonga durante demasiado tiempo, mueren de inanición.

El día de mi visita, Van Oppen tiene una reunión con los estudiantes de doctorado y postdoctorado de su laboratorio. La lista de países de donde provienen (Australia, Francia, Alemania, China, Israel y Nueva Zelanda) es digna de las Naciones Unidas. Van Oppen va dando la palabra alrededor de la mesa para que cada uno los ponga al día. La mayoría informa sobre los problemas que tienen para conseguir que tal o cual organismo coopere, y Van Oppen deja que se expliquen y desahoguen. «Eso es raro», dice por fin en respuesta a un postdoc cuyas dificultades le resultan especialmente inexplicables.



MGMT. design

Por lo que concierne a Van Oppen y su equipo, ningún miembro de la comunidad ecológica de los arrecifes es demasiado pequeño para cambiar las cosas. Algunas bacterias asociadas a los corales parecen ser especialmente buenas a la hora de secuestrar radicales libres, y una de las ideas que el grupo está explorando es si no se podría conseguir que los arrecifes fuesen más resistentes al blanqueamiento administrándoles algún

tipo de cóctel probiótico marino. También se podría intentar manipular las algas simbióticas de los corales. De los muchos tipos que existen, que se cuentan por millares, algunas parecen estar asociadas con una mayor tolerancia al calor. Tal vez se pudiera persuadir a los corales para desechar los simbiontes menos resistentes y acoger otros más robustos, igual que uno intenta convencer a un adolescente para que se relacione con amigos más adecuados. O quizá se podría «asistir» de manera directa a los propios simbiontes. Uno de los postdocs de Van Oppen ha pasado años cultivando una rara variedad de simbionte conocida como *Cladocopium goreaui* bajo las condiciones ambientales en las que un arrecife podría encontrarse en el futuro. (Cuando me enseña sus *Cladocopium goreaui*, quiero mostrar entusiasmo, pero lo cierto es que solo parecen pequeñas nubecillas de polvo que flotan en un recipiente.) Al parecer, las *Cladocopium goreaui* que habían superado este duro tratamiento poseían variantes genéticas que les permitían enfrentarse mejor al estrés térmico. La esperanza es que los corales «infectados» con estas cepas más resistentes puedan soportar temperaturas más elevadas.

«Todos los modelos climáticos sugieren que entre mediados y finales de este siglo, en la mayoría de los arrecifes del mundo las olas de calor extremo se habrán convertido en eventos anuales —me explica Van Oppen —. Las tasas de recuperación de los corales no serán lo bastante rápidas como para que puedan resistirlas. Así que creo que tenemos que intervenir y ayudarlos. Con suerte, el mundo habrá entrado en razón pronto y comenzado a reducir los gases invernadero —prosigue—. O tal vez demos con algún invento tecnológico fabuloso que resuelva el problema. ¿Quién sabe lo que ocurrirá? Pero necesitamos ganar tiempo, y me parece que la evolución asistida llena ese lapso intermedio, hace de puente entre el día de hoy y el día en que consigamos de verdad frenar el cambio climático, o incluso invertirlo.»

El Simulador Nacional Marino (SeaSim) se promociona como «el acuario de investigación más avanzado del mundo». Se encuentra cerca de la ciudad de Townsville, en la costa oriental de Australia, a unos 2.400

kilómetros al norte de Melbourne. Varios miembros del equipo de Van Oppen trabajan en estas instalaciones. Están planificando un experimento de evolución asistida, de modo que, tras visitar el laboratorio de Van Oppen, cojo un vuelo a Townsville.

Estamos a mediados de noviembre y los incendios asolan grandes áreas de Australia. Las noticias están llenas de historias sobre escapadas de último minuto, koalas abrasados y una cortina de humo sobre Sídney que hace que respirar sea el equivalente a fumar un paquete diario. Durante el trayecto desde el aeropuerto observo manchas de incendio recientes y un cartel publicitario con la foto de un infierno en llamas. ¿ESTÁS PREPARADO PARA EL DESASTRE?, pregunta. Pasamos junto a una refinería de cinc, una de cobre, varios campos de cultivo de mango y un parque de animales salvajes que nos invita a alimentar a los cocodrilos. En los arcenes de la autopista se suceden los cadáveres de ualabí, los animales más atropellados en las antípodas.

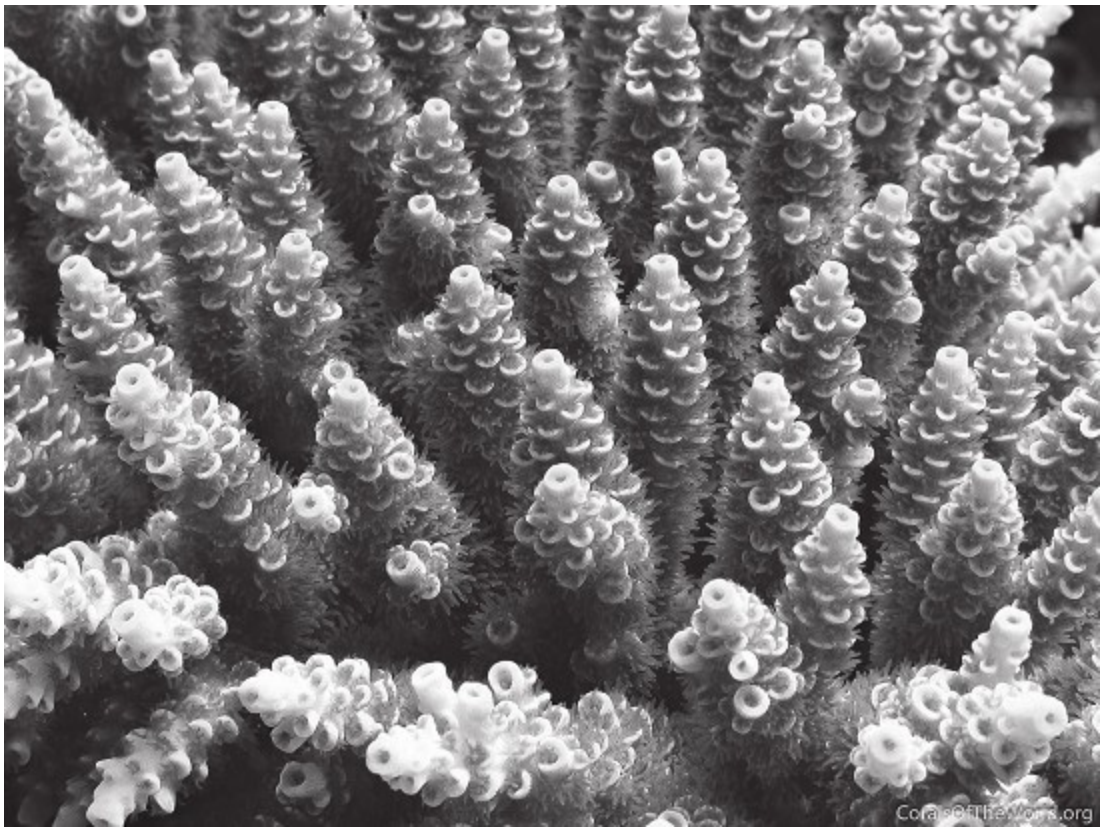
El SeaSim se asienta sobre un brazo de tierra que se proyecta hacia el mar de Coral. Tendría unas vistas al mar estupendas de no ser porque no tiene ventanas. En su interior, la luz la proporcionan unos paneles de LED controlados por ordenador, programados para reproducir los ciclos solares y lunares. La mayor parte del edificio se dedica a los acuarios. Estos están colocados a la altura de la cintura, como si fueran cajas de exposición de unos grandes almacenes. Como en el laboratorio de Gates en Moku o Lo’e, las características del agua del SeaSim se pueden ajustar para producir un estrés controlado. En algunos tanques, se establece un pH y una temperatura que reproduzcan las condiciones del mar de Coral en 2020. Otros simulan los mares más cálidos de 2050, y aun otros las condiciones más aciagas que se esperan para el fin de siglo.

Llego al atardecer y el lugar está casi vacío. Paso un tiempo deambulando entre los acuarios, con la nariz prácticamente en el agua. Los individuos que forman los corales, que de forma poco halagadora se conocen como «pólipos», son tan pequeños que apenas se pueden ver. Incluso un pedazo de coral del tamaño del puño de un niño alberga muchos miles de pólipos, todos ellos conectados entre sí hasta formar una fina capa de tejido vivo. (La parte rígida de la colonia es de carbonato de calcio, que

los corales secretan de manera continua.) En el SeaSim, tanque tras tanque está ocupado por una especie ramificada, *Acropora tenuis*, que crece deprisa y, por tanto, es más fácil de estudiar. Forma colonias que parecen bosques de pinos en miniatura.

A medida que el sol se pone fuera, y también dentro del SeaSim, comienza a llegar gente. Para no interferir con el régimen lumínico, todos llevan unas lámparas frontales especiales, de luz roja, que desprenden un resplandor casi obsceno. No es del todo inapropiado, pues lo que aquella muchedumbre viene a ver, o eso esperan, es una orgía.

El sexo de los corales es un extraño y sorprendente espectáculo. En el arrecife de la Gran Barrera tiene lugar una vez al año, en noviembre o diciembre, poco después de una luna llena. Durante el evento, que se conoce como desove en masa, miles de millones de pólipos liberan al mismo tiempo unos haces pequeños con aspectos de hilos de cuentas. Estos haces, que contienen tanto esperma como huevos, flotan en la superficie y se deshacen. La mayor parte de los gametos se convierten en alimento de los peces o simplemente se dispersan a la deriva. Los afortunados se encuentran con un gameto del sexo opuesto y producen un embrión de coral.



Colonia de *Acropora tenuis*, un especie común en el arrecife de la Gran Barrera.
Fotografía: © Wilfredo Licuanan, por gentileza de Corals of the World, coralsoftheworld.org.

En las condiciones adecuadas, los corales cultivados en acuarios desovan de manera sincrónica con sus parientes del océano. Para el equipo de Van Oppen, el desove ofrece una oportunidad crítica para promover la evolución. El plan consiste en pillar en el acto a los corales cautivos, recoger los haces de gametos y luego, un poco como los criadores de palomas, seleccionar y escoger los apareamientos. Uno de los equipos espera poder cruzar *Acropora tenuis* recogida en la parte más septentrional y cálida del arrecife con corales de la misma especie recogidos en la parte más meridional. Un segundo equipo planea cruzar especies distintas de *Acropora* para crear híbridos. Lo que esperan es que algunos de los descendientes de estos ayuntamientos contra natura sean más resilientes que sus progenitores.

Los investigadores pasan las horas mirando los tanques. «Esta va a ser una gran noche —me dice uno de los científicos, que vigilaba junto a mí—. Puedo sentirlo.» Cuando se disponen a desovar, los pólipos producen unas

minúsculas protuberancias, y parece que la colonia tenga piel de gallina. Se dice entonces que «están a punto». Mientras miramos, vemos que varias de las colonias están listas. Pero entonces, quizá por vergüenza o quizá por ansiedad, se contienen. Poco a poco, los presentes se van dando por vencidos y se van a descansar. El SeaSim tiene dormitorios preparados para noches como esta, pero están llenos, así que me dirijo al aparcamiento para conducir de vuelta a Townsville. Mientras camino en la oscuridad, puedo oír a los murciélagos de la fruta, que chillan entre el follaje. La próxima noche será la buena. O eso me dicen.

El arrecife de la Gran Barrera no es tanto un arrecife como una colección de ellos, unos tres mil en total, que se extienden sobre 350.000 kilómetros, una superficie mayor que la de Italia. Si en la Tierra hay algún lugar, o colección de lugares, más espectacular que este, yo no lo conozco. En una ocasión pasé una semana en una estación de investigación situada en un minúsculo islote del extremo meridional del arrecife, a la altura del trópico de Capricornio. Haciendo esnórquel junto a la isla, que se llama One Tree, vi corales de una variedad de formas que desafía a la imaginación: ramificados, arbustivos, con aspecto de cerebro, con forma de plato, de abanico, de flores, de plumas y hasta de dedos. También vi tiburones, delfines, mantarrayas, tortugas marinas, cohombros de mar, pulpos de ojos sobresaltados, almejas gigantes de labios lascivos y peces de más colores de los que pueda soñar Crayola.

El número de especies que se puede encontrar en una mancha de coral saludable es probablemente superior al que pueda encontrarse en una superficie parecida de cualquier otro lugar del planeta, selva amazónica incluida.[59] En una ocasión, unos investigadores examinaron de forma exhaustiva una sola colonia de coral y contaron en ella más de ocho mil organismos perforadores pertenecientes a más de doscientas especies.[60] Con la ayuda de técnicas de secuenciación genética, otros investigadores contaron el número de especies que pudieron encontrar solo de crustáceos. En un pedazo de coral del tamaño de una cesta de baloncesto del extremo norte del arrecife de la Gran Barrera encontraron más de doscientas

especies, en su mayor parte cangrejos y camarones, y en un pedazo de tamaño parecido del extremo sur identificaron casi 230 especies.[61] Se estima que, en todo el mundo, los arrecifes constituyen el hábitat de entre uno y nueve millones de especies, aunque en opinión de los científicos que realizaron el estudio de los crustáceos, incluso las estimaciones más generosas se quedan cortas, y concluyen que es probable que «la diversidad de los arrecifes» se haya «subestimado en gran medida».[62]

Esta diversidad es aún más notable cuando se tiene en cuenta el entorno donde aparece. Los arrecifes de coral solo se encuentran en una franja que se extiende a lo largo del ecuador, entre treinta grados norte y treinta grados sur. A estas latitudes hay poca mezcla de las capas superficiales y profundas de la columna de agua, de modo que el aporte de nutrientes esenciales como el nitrógeno o el fósforo es escaso. (La razón de que en los mares tropicales el agua suela tener esa fantástica transparencia es que pocos organismos pueden sobrevivir en ellas.) Cómo consiguen los arrecifes sostener una diversidad tan alta en unas condiciones tan pobres es una pregunta que ha intrigado a los científicos desde hace mucho tiempo, un enigma que se conoce como «paradoja de Darwin». La mejor respuesta que tenemos es que los habitantes de los arrecifes han desarrollado el más perfecto de los sistemas de reciclaje: lo que para uno es basura, para el vecino es un tesoro. «En la ciudad del coral no hay desechos —escribió Richard C. Murphy, un biólogo marino que trabajó con Cousteau—. Los subproductos de un organismo son el recurso de otro.»[63]

Como nadie sabe cuántos organismos dependen de los arrecifes, nadie puede decir cuántos se verían amenazados si se desmoronasen, aunque es evidente que la cifra es astronómica. Se estima que uno de cada cuatro organismos de los océanos pasa al menos una parte de su vida en un arrecife. Según Roger Bradbury, un ecólogo de la Universidad Nacional Australiana, si estas estructuras desaparecieran, los mares se parecerían mucho a los de tiempos precámbricos, hace más de quinientos millones de años, antes de que evolucionasen los crustáceos. «Sería gelatinoso», añade.[64]

El arrecife de la Gran Barrera está administrado como parque nacional por la Autoridad del Parque Marino del Arrecife de la Gran Barrera, más conocido por su enrevesado acrónimo, GBRMPA (del inglés Great Barrier Reef Marine Park Authority), que se pronuncia «gabrampa». Unos pocos meses antes de mi visita a Australia, GBRMPA había hecho público un «informe de pronóstico», tal como se le requiere cada cinco años. En él decía que las perspectivas a largo plazo para el arrecife, que con anterioridad habían caracterizado como «malas», habían bajado a la categoría de «muy malas».[65]

Más o menos al mismo tiempo en que la GBRMPA hacía su aciaga evaluación, el gobierno australiano aprobaba una gigantesca mina de carbón en una zona situada a pocas horas al sur de SeaSim.[66] La mina, a menudo descrita como «megamina», iba a enviar casi todo su carbón a la India a través de un puerto (Abbot Point) situado junto al arrecife. Salvar los corales y extraer carbón son, como muchos comentaron, actividades difíciles de reconciliar. «El proyecto energético más descabellado del mundo», así lo calificó la revista *Rolling Stone*.[67]

Casualmente, la GBRMPA tiene sus oficinas centrales en Townsville, en un centro comercial medio vacío. En mi segundo día en la ciudad me acerco hasta allí con la intención de hablar con el científico jefe de la autoridad, David Wachenfeld.

«Si hubiéramos actuado con resolución contra el cambio climático hace treinta años, no sé si ahora estaríamos teniendo esta conversación —me dice Wachenfeld, que lleva un polo azul marino con el símbolo bordado de la Mancomunidad de Australia, en el que un canguro y un emú se miran cara a cara—. Es probable que ahora nos estuviésemos diciendo que mientras sigamos protegiendo el parque marino, el arrecife ya se cuidará él solito.»

Pero no, me dice, parece que va a hacer falta un enfoque más intervencionista. En colaboración con varias universidades y centros de investigación, la GBRMPA planea gastar al menos cien millones de dólares australianos (unos 65 millones de euros) para explorar la forma de interceder en beneficio del arrecife, que incluye: usar robots subacuáticos para sembrar arrecifes dañados, desarrollar algún tipo de película ultrafina

para reducir la radiación que reciben los arrecifes, bombear aguas profundas hasta la superficie para aliviar a los corales de las altas temperaturas o crear nubes marinas brillantes. Esta última posibilidad requeriría esparcir por el aire minúsculas gotitas de agua salada con el fin de crear una especie de bruma artificial. De acuerdo con la teoría, esa calima salada promovería la formación de nubes de colores más claros que reflejarían la luz solar de vuelta al espacio, contrarrestando el calentamiento global.

Wachenfeld me explica que lo más probable es que haya que desplegar varias de estas nuevas tecnologías, de modo que, por ejemplo, un robot podría esparcir larvas con mejoras genéticas sobre un arrecife sombreado por una fina película o una bruma artificial. «Se están proponiendo una gran variedad de innovaciones muy imaginativas», concluye.

Esa misma noche vuelvo al SeaSim. Cerca del aparcamiento veo una familia de jabalíes hozando el suelo. Parece que los sinántropos, gordos y con buen aspecto, se lo están pasando en grande. Poco a poco, estudiantes e investigadores emergen de sus dormitorios. Al tiempo que el sol simulado desciende sobre el simulado mar, el lugar se llena de luces rojas que zigzaguean por la oscuridad como luciérnagas.

Han vuelto todos los del día anterior. Además de los equipos que trabajan con Van Oppen, reconozco un grupo que planea congelar gametos de coral a modo de seguro frente al apocalipsis, y otro que pretende manipular la genética de embriones. También hay algunas caras nuevas. Desde Sídney ha volado un equipo de cineastas. (Se me ocurre que si todos los demás somos *voyeurs* de corales, los cineastas deben ser pornógrafos.)

El director del instituto que dirige el SeaSim, Paul Hardisty, también se ha acercado a contemplar el espectáculo. Hardisty, canadiense, es alto y delgado al estilo de un vaquero. Le pregunto sobre el futuro de los arrecifes, y se muestra a un tiempo pesimista y entusiasta.

«No estamos hablando de jardinería de corales —me aclara—. De lo que hablamos es de intervenciones enormes, a escala industrial, de todo el arrecife. Así que no será nada fácil, pero es posible, o al menos a esa conclusión hemos llegado, con la colaboración de las mentes más brillantes

del mundo, todas trabajando al unísono.» Para ayudar a conseguirlo, el SeaSim va a ampliarse. Si volviera de aquí a unos años, me dice Hardisty, lo vería el doble de grande.

«No hay ninguna solución milagrosa —prosigue—. Será una combinación de cosas, de combinaciones, por ejemplo, de nubes brillantes y evolución asistida. Vamos a necesitar la ingeniería, porque no habrá resultados si no es con un despliegue rápido. Y también vamos a tener que tomar prestadas tecnologías de las grandes compañías farmacéuticas, porque tendremos que pensar en mecanismos de administración en masa. Quizá, no lo sé, usemos pequeñas píldoras.»

Los rubíes de los frontales suben y bajan a nuestro alrededor. «Es de una absoluta soberbia y una enorme arrogancia pensar que podemos sobrevivir sin todo lo demás —dice Hardisty—. Provenimos de este planeta. En fin, me estoy poniendo un poco filosófico. Voy a tener que volver a casa y ver un partido de hockey.»

Mientras esperamos a que a los corales les entren las ganas no hay mucho que hacer. De pie en la oscuridad, descubro que también yo «me pongo un poco filosófica». Hardisty tiene razón, por supuesto: fue soberbia pensar que podíamos llevar al arrecife de la Gran Barrera al borde del colapso sin sufrir las consecuencias. Aunque ¿no sería también una forma de soberbia imaginar «intervenciones a la escala de todo el arrecife»?

Cuando Darwin contrapuso la selección «artificial» y la «natural», no tenía la menor duda de cuál de las dos era más potente. Los criadores de palomas habían conseguido cosas asombrosas, variedades tan diferentes que a muchos les debían parecer aves distintas. (Darwin se dio cuenta de que todas las variedades, desde las colipavas a las buchonas, descendían de una sola especie, la paloma bravía, *Columba livia*). De modo parecido, los criadores de perros habían producido galgos y corgi, bulldogs y spaniels. La lista era inacabable: las ovejas de los establos, las peras de los huertos, el maíz de los silos, todos eran productos de generaciones y generaciones de cruces y atentas selecciones.

Pero en el gran esquema de las cosas, la selección artificial no hacía más que jugar con los flecos. Era la selección natural —indiferente pero de infinita paciencia— la que había dado origen a toda la prodigiosa diversidad

de la vida. En el último párrafo de *El origen de las especies*, tan citado, Darwin imagina «un enmarañado ribazo cubierto por muchas plantas de varias clases, con aves que cantan en los matorrales, con diferentes insectos que revolotean y con gusanos que se arrastran por la tierra húmeda». Todas estas «formas, primorosamente construidas, tan diferentes entre sí, y que dependen mutuamente de modos tan complejos» las había producido la misma fuerza inconsciente y no humana.

«Hay grandeza en esta concepción de la vida», asegura Darwin a sus lectores, a quienes imagina todavía escépticos después de 490 páginas. A partir de los organismos más simples que daban vueltas por el cieno primordial «se han desarrollado y se están desarrollando, a través de un principio tan sencillo, infinidad de formas, las más bellas y portentosas.»[68]

El arrecife de la Gran Barrera se puede ver como un mayúsculo «enmarañado ribazo». Para crearlo hicieron falta decenas de millones de años de evolución, con el resultado de que incluso un pedazo del tamaño de un puño contiene una insondable densidad de vida, abarrotado como está de organismos «que dependen mutuamente de modos tan complejos» que con toda probabilidad los biólogos nunca conseguirán comprender todas sus relaciones. Y el arrecife, por lo menos a día de hoy, sigue su curso inacabable.

Todas las personas con las que hablé en Australia comprenden que conservar el arrecife de la Gran Barrera en toda su plenitud es más de lo que nadie puede esperar, con realismo o sin él. Incluso si nos conformamos con una décima parte de su extensión, habría que dar sombra y sembrar con robots una superficie del tamaño de Suiza. Lo que se plantea es, en el mejor de los casos, una versión muy reducida, no ya una Gran, sino una Aceptable Barrera.

«Si logramos alargar la vida de la barrera en veinte o treinta años, eso quizá baste para que el mundo se tome en serio la reducción de las emisiones, y podría marcar la diferencia entre no tener nada y tener un arrecife funcional de algún tipo —me dice Hardisty—. Ya sé que es muy triste que tengamos que plantearlo en estos términos. Pero es la situación a la que nos enfrentamos.»

La segunda noche en el SeaSim resulta ser un chasco. Aunque algunas colonias están a punto para desovar, solo sueltan lo que uno de los investigadores califica de «chorrito». Así que a la noche siguiente me dirijo de nuevo a las instalaciones.

Ahora ya sé qué esperar. Cuando el sol se ponga, los investigadores se colocarán los frontales y circularán entre los tanques. Si ven que una colonia está a punto de desovar, la sacarán de su tanque comunal para colocarla en un cubo para ella sola. Esta noche, son tantas las colonias de *Acropora tenuis* que están «a punto» que resulta difícil moverse. El suelo está lleno de cubos. Algunas de las colonias son de un área conocida como The Keppels, en el extremo más meridional de la Gran Barrera; otras provienen del arrecife de Davies, a cientos de kilómetros más al norte. En el curso natural de los acontecimientos, colonias tan apartadas no tendrían la menor posibilidad de cruzarse. Pero el objetivo del experimento es precisamente no dejar las cosas al albur de la naturaleza.

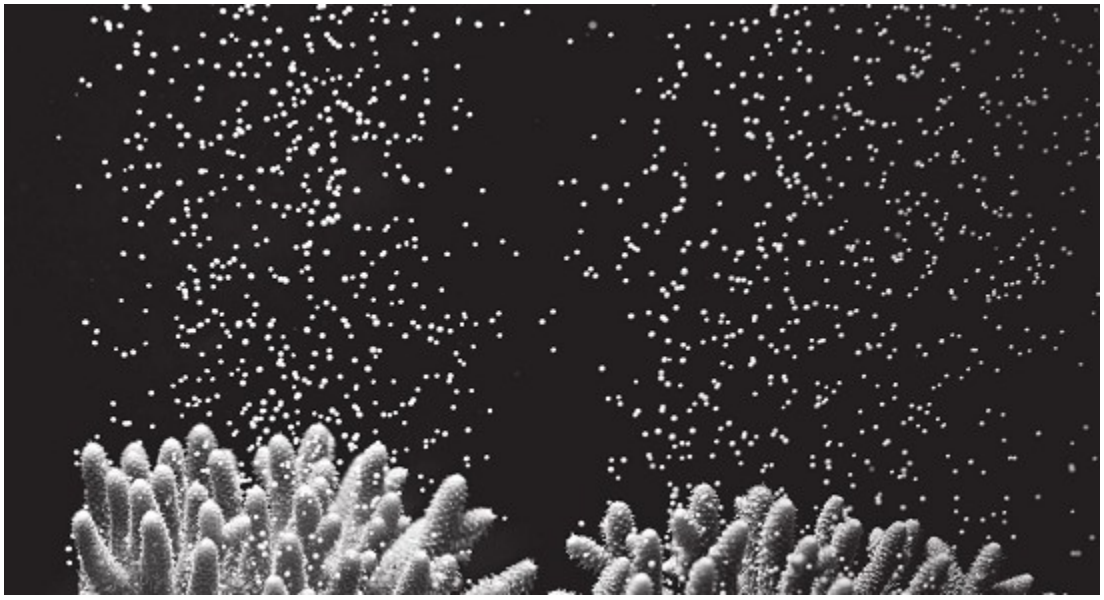
Una postdoc llamada Kate Quigley se ocupa de los apareamientos y de un equipo de voluntarios universitarios. Lleva la linterna roja alrededor del cuello, como si fuese un resplandeciente amuleto. Quigley ha dispuesto docenas de contenedores de plástico donde, si todo va bien, se producirán los cruzamientos entre arrecifes. Los embriones que se forman en los contenedores, según me explica, se transfieren a unos acuarios de menor tamaño para someterlos a estrés térmico. A los que sobrevivan se les inocularán distintos simbiontes, entre ellos algunas de las cepas obtenidas mediante evolución asistida en el laboratorio, como las que vi en Melbourne, y luego se someterán a más estrés.

«Queremos de verdad llevarlos al límite —me dice Quigley—. Buscamos los mejores de los mejores.»

Durante mi viaje a One Tree tuve la fortuna de hacer esnórquel por la noche durante un evento de desove. La escena me recordó una nevisca en los Alpes, solo que de abajo arriba. Incluso dentro de un cubo, el desove es todo un espectáculo. Primero son solo unos pocos pólipos los que liberan sus cuentas de gametos, pero el resto los sigue enseguida, como si

respondieran a alguna señal oculta. Las cuentas ascienden por el agua desafiando la gravedad y forman en la superficie una película de una sustancia rosada.

«Este es uno de los verdaderos milagros de la naturaleza», oigo que dice uno de los científicos del equipo de edición genética, más para sí mismo que para otros.



Durante el desove, los corales sueltan unas cuentas de huevos y esperma.
© James Craggs, Horniman Museum and Gardens

A medida que, una tras otra, las colonias liberan sus fardos, Quigley reúne a sus voluntarios. Cada uno de los estudiantes recibe un cuenco y un fino cedazo. Con una pipeta, extrae las cuentas de gametos de los cubos y las reparte entre los cedazos. Fuera, en el arrecife, las olas irían deshaciendo los pequeños fardos; en el SeaSim, ese trabajo hay que hacerlo a mano. Quigley enseña a los estudiantes cómo menearlos hasta que liberan su contenido. El esperma cae en los cuencos, mientras que los huevos, de mayor tamaño, quedan retenidos en la malla.

Los estudiantes se arremolinan con grave concentración. Los huevos parecen motas de pimienta rosada. Los cuencos de esperma parecen… pues justamente eso.

«Si quieres puedo coger tu esperma», oigo decir a una joven.

«Sí, toma un cuenco de mi esperma», le responde un muchacho.

«Este es el único lugar donde es seguro decir algo así», observa un tercer estudiante.

Quigley lleva apuntados en una libreta los cruces que quiere hacer. Bajo su supervisión, los estudiantes mezclan huevos y esperma de distintas partes del arrecife. Y así hasta muy tarde en la noche, hasta que el más solitario de los corales ha encontrado pareja.

3

En la mitología nórdica, Odín es un dios muy poderoso, pero también un embaucador. Tiene un solo ojo, pues el otro lo sacrificó para obtener la sabiduría. Entre sus muchos talentos, puede despertar a los muertos, calmar las tempestades, curar a los enfermos y cegar a sus enemigos. No es raro que se transforme en un animal, y en forma de serpiente adquiere el don de la poesía, que de forma inadvertida transfiere a algunas personas.

The Odin, en Oakland (California), es una compañía que vende kits de ingeniería genética. Su fundador, Josiah Zayner, lleva una mecha de cabello rubio teñido, múltiples *piercings* y un tatuaje que insta a quien lo lee: CREA ALGO BELLO. Tiene un doctorado en biofísica y es un conocido provocador. Entre sus muchas escenificaciones temerarias, alteró su piel para que produjera una proteína fluorescente, ingirió excrementos de un amigo en un trasplante casero de heces e intentó desactivar uno de sus propios genes con la intención de desarrollar bíceps más grandes. (Reconoce que en este último intento fracasó.) Zayner se califica a sí mismo de «diseñador genético» y ha declarado que su objetivo es proporcionar a la gente los recursos que precisen para modificar la vida en sus ratos libres.[69]

The Odin ofrece desde un simple vaso de chupito que lleva impreso «biohackea el planeta» y cuesta tres dólares, a un «kit de laboratorio casero de ingeniería genética» que asciende a 1.849 dólares e incluye una centrífuga, un aparato de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) y una caja de gel de electroforesis. Yo me decidí por algo intermedio: el «kit combinado de CRISPR bacteriano y levadura fluorescente», en el que me dejé 209 dólares. Me llegó en una caja de cartón decorada con el logo de la compañía: un árbol de tronco retorcido rodeado por un círculo hecho con una doble hélice de ADN. El árbol, creo, debe representar el Yggdrasil, cuyo tronco, en la mitología nórdica, se yergue por el centro del cosmos.

En el interior de la caja encuentro un surtido de instrumentos de laboratorio (pipetas, placas de Petri, guantes de un solo uso), además de varios viales con *E. coli* y todo lo necesario para modificar su genoma. Meto los viales de *E. coli* en la nevera, junto a la mantequilla. El resto lo meto en un compartimento del congelador, junto al helado.

La ingeniería genética ya ha alcanzado la madurez. La primera bacteria modificada mediante estas técnicas se produjo en 1973. La siguieron un ratón modificado genéticamente en 1974 y una planta de tabaco transgénica en 1983. El primer alimento transgénico autorizado para consumo humano, el tomate Flavr Savr, llegó en 1994, pero fue tal la decepción que a los pocos años dejó de cultivarse. Más o menos por la misma época se desarrollaron variedades transgénicas de maíz y soja; a diferencia del Flavr Savr, estas se han hecho más o menos comunes en Estados Unidos.

En la última década, o algo más, la propia ingeniería genética ha experimentado su propia transformación gracias a CRISPR, acrónimo del inglés Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats («repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente espaciadas». CRISPR es la denominación breve que recibe una serie de técnicas, la mayoría de ellas tomada de las bacterias, que facilitan enormemente a investigadores y biohackers la manipulación del ADN. Y permite a sus usuarios cortar una sección de ADN y desactivar la secuencia afectada o reemplazarla por otra.

Las posibilidades derivadas de esto son casi innumerables. Jennifer Doudna, profesora de la Universidad de California en Berkeley y una de las investigadoras que desarrollaron la técnica, lo ha expresado diciendo que ahora disponemos de «una forma de reescribir las propias moléculas de la vida del modo que queramos».[70] Con CRISPR, los biólogos ya han creado, entre muchísimos otros seres vivos, hormigas que no pueden oler,[71] lebreles con músculos de superhéroe, cerdos resistentes a la peste porcina, macacos que sufren alteraciones del sueño,[72] granos de café sin cafeína, salmones que no ponen huevos, ratones que no acumulan grasa y bacterias cuyos genes llevan escrita, en código, la famosa serie de fotografías que hizo Eadweard Muybridge de un caballo de carrera al galope.[73] Hace unos años, un científico chino, He Jiankui, anunció que había producido los primeros

seres humanos editados con CRISPR, un par de gemelas. Según He, había alterado los genes de las niñas para conferirles resistencia al VIH, aunque no está del todo claro que lo consiguiera. Al poco tiempo de anunciar su logro, He fue puesto en arresto domiciliario en Shenzhen.

Carezco casi por completo de experiencia en genética y no hago trabajo de laboratorio desde el instituto. Pese a ello, siguiendo las instrucciones que me llegaron con la caja de The Odin, he podido crear un nuevo organismo en tan solo un fin de semana. Primero cultivé una colonia de *E. coli* en una de las placas de Petri. Luego la rocié con las diversas proteínas y trocitos de ADN diseñado que había guardado en el congelador. El proceso cambió una «letra» del genoma de la bacteria, reemplazando una A (adenina) por una C (citosina). Gracias a esta enmienda, mi nueva y mejorada *E. coli* puede meter sin problema la nariz en la estreptomicina, un potente antibiótico. Crear en la cocina de mi propia casa, con técnicas de ingeniería genética, una cepa de *E. coli* resistente a un fármaco ha resultado aterrador, pero también me ha producido una clara sensación de logro. Tanta, de hecho, que he decidido pasar al segundo proyecto del kit: insertar un gen de medusa en una levadura para que resplandezca.

El Laboratorio Australiano de Sanidad Animal, sito en la ciudad de Geelong, es uno de los laboratorios de alta contención más avanzados del mundo.[74] Se encuentra detrás de dos conjuntos de barreras, el segundo de los cuales está diseñado para frustrar los ataques con camiones bomba, y sus muros de hormigón, según me dicen, son lo bastante gruesos como para resistir el impacto de un avión. La instalación cuenta con 520 puertas herméticas y cuatro niveles de seguridad. «Es el lugar para estar durante un apocalipsis zombi», me dice uno de los trabajadores. En el nivel máximo de seguridad, el Nivel de Bioseguridad 4, se guardan viales con algunos de los más peligrosos patógenos transmitidos por animales, entre ellos el Ébola. (El laboratorio se menciona en la película *Contagio*.) El personal que trabaja en unidades del NBS-4 no puede vestir su propia ropa en el laboratorio y tiene que ducharse durante al menos tres minutos antes de

regresar a sus casas. Los animales del laboratorio, por su parte, no pueden salir nunca. En palabras de uno de sus empleados: «Su única vía de salida es a través del incinerador».

Geelong se encuentra a una hora al sudoeste de Melbourne. En el mismo viaje en que me reúno con Van Oppen, visito también el laboratorio, que responde al acrónimo de Australian Animal Health Laboratory, AAHL (por sus siglas en inglés; rima con *maul*, malherir). Había oído hablar de un experimento de edición de genes que se estaba realizando allí y me tenía intrigada. A consecuencia de un intento de biocontrol fracasado —una vez más—, Australia se encuentra asediada por una especie de bufónido conocido familiarmente como sapo gigante o sapo de caña. En concordancia con la lógica recursiva del Antropoceno, los investigadores del AAHL confían en poder combatir este desastre con una nueva ronda de biocontrol. El plan requiere editar el genoma del sapo con CRISPR.

Un bioquímico llamado Mark Tizard, que dirige el proyecto, accede a reunirse conmigo. Tizard es un hombre menudo, de brillantes ojos azules, que apenas conserva un flequillo de pelo cano de sien a sien. Como muchos de los científicos que conocí en Australia, no es de aquí; en su caso, viene de Londres.

Antes de dedicarse a los anfibios, Tizard trabajó sobre todo con aves de granja. Hace varios años, él y algunos colaboradores del AAHL insertaron un gen de medusa en una gallina. Este gen, parecido al que planeo injerir en mi levadura, codifica una proteína fluorescente. En consecuencia, un pollo que lo posea desprenderá un inquietante resplandor bajo una luz ultravioleta. A continuación, Tizard descubrió la manera de insertar el gen fluorescente de manera que solo se transmitiese a la descendencia masculina. El resultado es una gallina cuyos pollos se pueden clasificar por sexo cuando todavía no han salido del huevo.

Tizard sabe que a mucha gente le aterra la idea de modificar el genoma de organismos. La idea de comerlos les resulta odiosa, e insoportable la de liberarlos al mundo. Aunque no es ningún provocador, cree, como Zayner, que esa no es la forma correcta de entenderlo.

«Tenemos pollos que resplandecen de color verde —me explica Tizard —. Aquí vienen visitas de colegios, y cuando los niños ven los pollos verdes, algunos dicen: "¡Oh, qué chulo! Si me como ese pollo, ¿también me volveré verde?". Y yo les digo: "Ya comes pollo, ¿verdad? ¿Te han salido plumas y pico?".»

En cualquier caso, al parecer de Tizard, ya es un poco tarde para andar preocupándose por unos pocos genes aquí y allá. «Si miramos cualquier paisaje nativo australiano, vemos eucaliptos, koalas, cucaburras, lo que sea —me dice—. Si lo miras como científico, lo que ves son múltiples copias del genoma del eucalipto, múltiples copias del genoma del koala, y así sucesivamente. Y esos genomas interactúan unos con otros. Y entonces, de repente, ¡cataplum!, metes en medio un genoma más, el del sapo de caña. Nunca había estado allí, y su interacción con todos esos otros genomas es catastrófico. Acaba por completo con otros genomas.»

«Lo que la gente no comprende es que ese ya es un entorno genéticamente modificado», prosigue. Las especies invasoras alteran el medio añadiendo genomas enteros que no tocan en ese lugar. En cambio, los ingenieros genéticos solo alteran unos pedacitos de ADN aquí y allá.

«Lo que hacemos es añadir quizá diez genes más a los veinte mil genes de sapo que ya no deberían estar en ese lugar, y la idea es que esos diez genes saboteen el resto, los eliminen del sistema y restablezcan el equilibrio —concluye Tizard—. La respuesta clásica de la gente a la biología molecular es: ¡Jugáis a ser dioses! Pues no. Lo que hacemos es aprovechar nuestro conocimiento de los procesos biológicos para ver si podemos beneficiar a un sistema que se encuentra en estado de trauma.»

El sapo de caña, conocido de manera formal como *Rhinella marina*, es de color pardo manchado y tiene las patas gruesas y la piel verrugosa. Como no puede ser de otro modo, cuando se describe se hace hincapié en su tamaño. «*Rhinella marina* es un enorme bufónido (sapo verdadero) verrugoso», observa el Servicio Geológico de Estados Unidos.[75] «En las carreteras, los individuos grandes pueden confundirse fácilmente con bloques de piedra», observa este mismo organismo.[76] El sapo gigante más

grande que se conoce medía casi cuarenta centímetros de largo y se acercaba a los tres kilos de peso, casi tanto como un chihuahua regordete. Un sapo llamado *Bette Davis* que vivió en el Museo de Queensland, en Brisbane, en la década de 1980, medía veinticuatro centímetros de largo y casi lo mismo de ancho, el tamaño de un plato.[77] Estos sapos comen casi todo lo que puedan meter en su desmesurada boca, incluso ratones, comida para perros y otros sapos de caña.

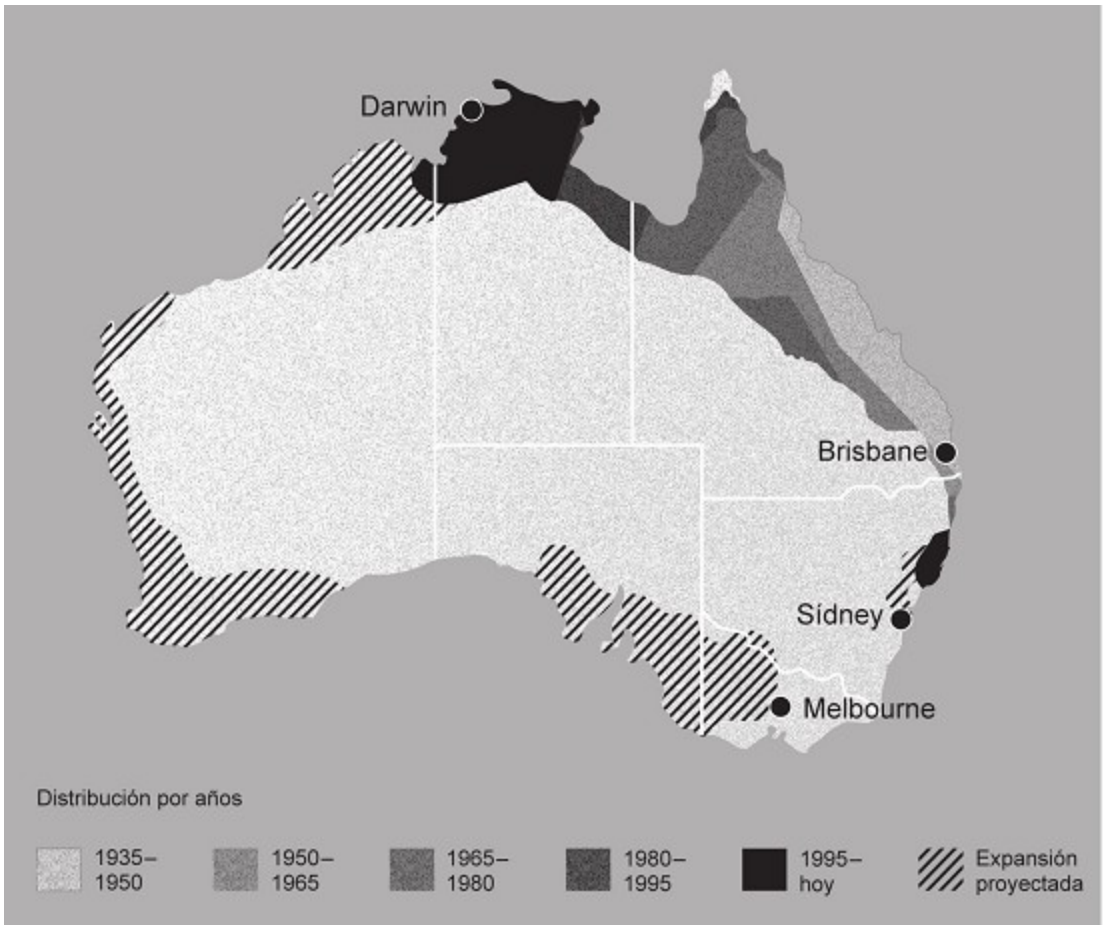
Los sapos gigantes son originarios de Sudamérica, Centroamérica y la punta más meridional de Texas. A mediados del siglo XIX se introdujeron en el Caribe.[78] La idea era reclutarlos para la batalla contra unas larvas de escarabajo que se habían convertido en una plaga de la caña de azúcar, el principal cultivo de la región. (También esta es una especie importada; es nativa de Nueva Guinea.) Desde el Caribe, los sapos se llevaron en barco hasta Hawái, y desde allí hasta Australia. En 1935 se cargaron 102 sapos en un vapor en Honolulu. Y todos menos uno sobrevivieron al viaje y acabaron en un centro de investigación de la región que se dedicaba al cultivo de la caña de azúcar, en la costa noreste de Australia. Al cabo de un año habían producido 1,5 millones de huevos.[79] Los sapitos que salieron de ellos se soltaron de manera deliberada en los ríos y lagunas de la región.

Es dudoso que los sapos llegasen a beneficiar demasiado a la caña de azúcar. Las larvas del escarabajo de la caña suelen encontrarse a una altura que los pesados sapos no alcanzan. Pero eso no fue un problema para los sapos, que enseguida encontraron otras cosas que comer, y siguieron produciendo sapitos a carretadas. A partir de una estrecha franja de la costa de Queensland se expandieron hacia el norte por la península del cabo York, y hacia el sur por Nueva Gales del Sur. En algún momento de la década de 1980 cruzaron al Territorio del Norte, y en 2005 alcanzaron un lugar conocido como Middle Point, en la región occidental de este, no muy lejos de la ciudad de Darwin.

Por el camino se produjo algo curioso. En la primera fase de la invasión, los sapos avanzaban a un ritmo de unos diez kilómetros al año. Unas décadas más tarde, se desplazaban a unos veinte kilómetros al año. Para cuando llegaron a Middle Point, habían acelerado hasta los cincuenta kilómetros al año. Cuando los investigadores midieron los sapos en el frente

de invasión, descubrieron por qué: esos ejemplares tenían patas significativamente más largas que los de Queensland.[80] Y este rasgo era heredable. El *Northern Territory News* publicó la noticia en primera plana con el titular «Supersapo». El artículo venía ilustrado con una fotografía retocada de un sapo con una capa. «Ha invadido el Territorio y ahora el odioso sapo está evolucionando», expresaba el diario.[81] Al parecer, contra la opinión de Darwin, la evolución sí se podía presenciar en tiempo real.

Los sapos gigantes no solo alcanzan un tamaño inquietante, sino que, desde una perspectiva humana, son feos, con la cabeza huesuda y una expresión que parece lasciva. Sin embargo, el rasgo que los hace «odiosos» de verdad es que son tóxicos. Cuando un adulto es mordido o se siente amenazado, desprende una sustancia lechosa abarrotada de compuestos que dañan el corazón. No es raro que los perros sufran envenenamiento por sapo de caña, con síntomas que van del babeo al paro cardíaco. Las personas que son lo bastante inconscientes como para comer el sapo suelen acabar muertas.



Desde su introducción, los sapos de caña se han expandido por Australia, y se espera que sigan ampliando su área de distribución.
MGMT. design

Australia no tiene sapos venenosos autóctonos; de hecho, ni siquiera tenía sapos. Por consiguiente, su fauna no ha evolucionado para recelar de ellos. La historia del sapo de caña es, pues, similar a la de la carpa asiática, solo que al revés. Mientras que las carpas son un problema en Estados Unidos porque nada ni nadie se las come, los sapos gigantes representan una amenaza en Australia porque casi no hay quien no lo haga. La lista de especies cuya abundancia ha caído en picado a causa del consumo de estos sapos es larga y variada.[82] Incluye los cocodrilos de agua dulce, que los australianos llaman «freshies» (por el inglés *freshwater*, agua dulce), los varanos de manchas amarillas, que pueden alcanzar el metro y medio de longitud, los escincos de lengua azul, que son eslizones, los dragones de agua, que se parecen a pequeños dinosaurios, las víboras de la muerte, que,

como su nombre indica, son serpientes venenosas, y las serpientes de la mulga,* que también son venenosas. Pero sin duda el campeón de la lista es el satanelo septentrional, un marsupial de aspecto encantador. Estos satanelos miden apenas treinta centímetros y tienen el hocico puntiagudo y el pelaje pardo manchado. Cuando los jóvenes se emancipan de la bolsa de la madre, esta los transporta a la espalda.

Una niña australiana con *Dairy Queen*, su sapo mascota.
Fotografía: Arthur Mostead Photography, AMPhotography.com.au

En un intento por frenar los sapos gigantes, a los australianos se les han ocurrido todo tipo de ideas, unas ingeniosas, otras no tanto. El Toadinator (por el inglés *toad*, sapo) es una trampa equipada con un altavoz portátil que emite el canto de los sapos, que algunos han comparado con un tono de señal y otros con el runrún de un motor. Investigadores de la Universidad de

Queensland han desarrollado un cebo que sirve para atraer a los renacuajos del sapo a una muerte segura. La gente dispara a los sapos gigantes con escopetas de aire comprimido, les arrean con martillos, los golpean con palos de golf, los atropellan a propósito con sus coches, los meten en el congelador hasta que se quedan tiesos y los rocían con un compuesto llamado HopStop (por el inglés *hop*, saltar), que, según se garantiza a los compradores, «anestesia a los sapos en segundos» y los mata en una hora. Las comunidades organizan milicias para hacer «redadas de sapos». Un grupo que se hace llamar los Cazasapos de Kimberley ha recomendado al gobierno australiano que ofrezca una recompensa por cada sapo eliminado.[83] La consigna del grupo es: «Si todo el mundo fuese un cazador de sapos, ¡acabaríamos con ellos!».

Cuando Tizard se interesó por los sapos de caña, todavía no había visto ninguno. Geelong se encuentra en una región —el sur de Victoria— que los sapos todavía no han conquistado. Pero un día, en una reunión, se sentó al lado de una bióloga molecular que estudiaba el anfibio y que le comentó que, pese a toda la artillería, los sapos gigantes seguían avanzando.

«Me dijo: “Es una lástima, si al menos hubiera alguna forma nueva de controlarlos...” —recuerda Tizard—. Yo me quedé barruntando.»

«Y entonces pensé: las toxinas se generan por medio de vías metabólicas —prosigue—. Eso significa enzimas, y las enzimas tendrán unos genes que los codifican. Pues bien, tenemos herramientas que pueden romper genes. Igual podemos romper el gen que conduce a la toxina.»

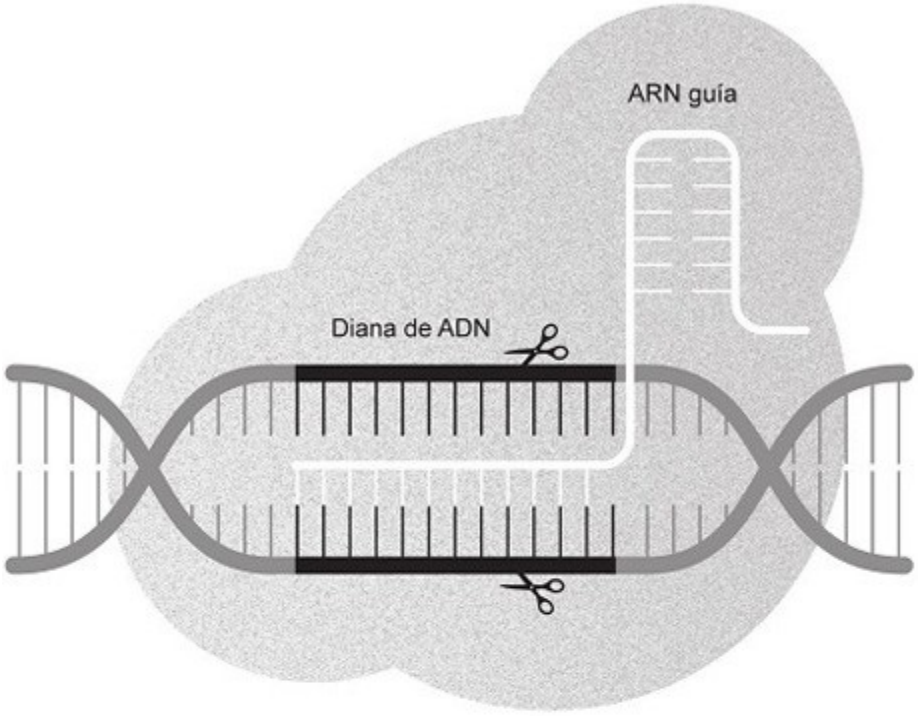
Tizard reclutó a una postdoc llamada Caitlin Cooper para que le ayudase con la parte práctica. Cooper tiene el cabello castaño que le cae hasta los hombros y una risa contagiosa. (También ella es de otro lugar, en este caso de Massachusetts.) Nadie antes había intentado editar el genoma del sapo de caña, así que le tocó a ella averiguar cómo lograrlo. Descubrió que había que lavar los huevos de los sapos y luego perforarlos lo mínimo, con una pipeta muy fina, y todo eso había que hacerlo muy deprisa, antes de que comenzasen a dividirse. «Me llevó un tiempo perfeccionar la técnica de la microinyección», me confiesa.

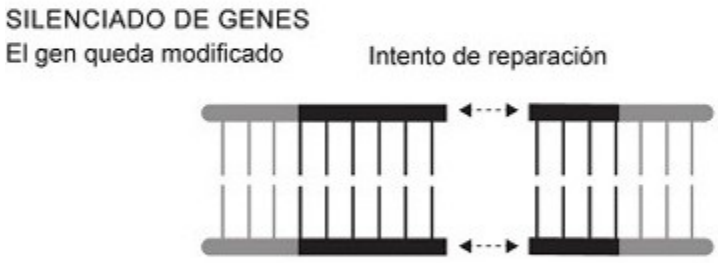
A modo de ejercicio de calentamiento, Cooper se propuso cambiar el color del sapo. Hay un gen clave para el pigmento de los sapos —y, de hecho, de los humanos— que codifica la enzima tirosinasa, que controla la producción de melanina. Cooper razonó que si conseguía inactivar este gen, los sapos resultantes tendrían color claro, no oscuro. Mezcló huevos con esperma en una placa de Petri, microinyectó en los embriones resultantes varios compuestos relacionados con CRISPR, y esperó. El resultado fueron tres renacuajos con un extraño patrón de manchas. Uno de ellos murió. Los otros dos (ambos machos) crecieron hasta convertirse en sapillos moteados. Los bautizaron *Spot* y *Blondie*. «Cuando ocurrió, me quedé pasmado», me cuenta Tizard.

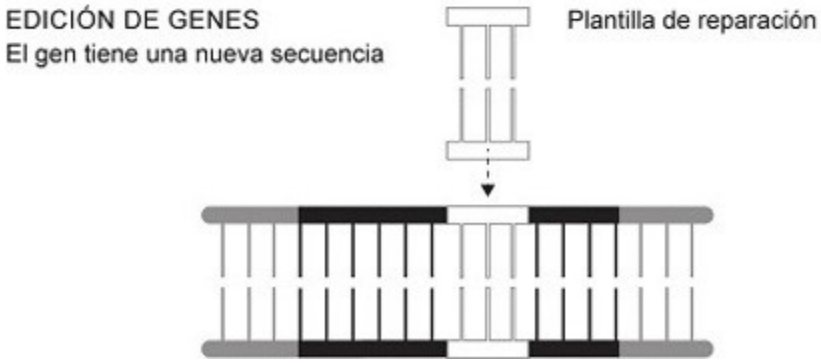
Cooper se dedicó entonces a la tarea de «romper» la toxicidad. Los sapos de caña almacenan el veneno en unas glándulas que tienen sobre los hombros. Allí se encuentran en una forma que apenas es nociva. Pero, cuando se sienten atacados, producen una enzima (la hidrolasa de bufotoxina) que multiplica por cien la potencia del veneno.[84] Con la ayuda de CRISPR, Cooper editó el genoma de una segunda tanda de embriones para eliminar una sección del gen que codifica la hidrolasa de bufotoxina. El resultado fue un manojo de sapillos detoxificados.

Tras charlar un rato, Cooper se ofrece a enseñarme sus sapillos. Eso requiere adentrarse más en el AAHL, a través de nuevas puertas herméticas y otras capas de seguridad. Nos ponemos una indumentaria de protección por encima de nuestra propia ropa y botas para cubrir los zapatos. Cooper rocía mi grabadora con un fluido limpiador. ÁREA DE CUARENTENA, se lee en un letrero. SE APLICAN SANCIONES GRAVES. Se me ocurre que será mejor no mencionar The Odin y mis propias aventuras con la edición de genes, bastante menos seguras.

Al otro lado de las puertas hay una especie de establo antiséptico lleno de animales en recintos de distintos tamaños. El olor es una mezcla entre hospital y zoológico. Cerca de un bloque de jaulas para ratones, los sapillos detoxificados saltan dentro de los confines de su tanque de plástico. Son una docena, de unas diez semanas y apenas ocho centímetros de largo.







Con CRISPR, un ARN guía sirve para encontrar y cortar la sección de ADN que se haya designado como diana. Cuando la célula intenta reparar los daños, a menudo se introducen errores y el gen queda inactivado. Si se suministra una «plantilla de reparación», se puede introducir una nueva secuencia genética.

MGMT. design

«Son muy vivarachos, como puedes ver», me dice Cooper. El tanque está equipado con todo lo que uno imagina que un sapo pueda desear: plantas falsas, una bañera de agua, una lámpara solar. Pienso en Toad Hall, «con todas las comodidades modernas».* Uno de los sapos saca la lengua y se merienda un grillo.

«Se comen lo que sea —explica Tizard—. Incluso unos a otros. Si uno grande se encuentra con otro más pequeño, ya tiene cena.»

Sueltos en la campiña australiana, un grupito como este de sapos detoxificados no duraría mucho. Algunos acabarían comidos por cocodrilos o varanos o víboras de la muerte, y el resto quedaría diluido frente a los cientos de millones de sapos tóxicos que ya saltan por el paisaje.

Lo que Tizard tiene pensado para ellos es una carrera como educadores. La investigación sobre los satanelos sugiere que se puede entrenar a estos marsupiales para que se mantengan lejos de los sapos gigantes. Si se los alimenta con «salchichas» de sapo con un poquito de un emético, acaban asociando la náusea con los sapos y aprenden a evitarlos.[85] Tizard cree que los sapos detoxificados serían una herramienta de entrenamiento mucho mejor: «Si un depredador se los come, enfermará, pero no morirá, y pensará: “No vuelvo a comer un sapo en la vida”».

Antes de que se puedan utilizar para entrenar satanelos —o para cualquier otro propósito—, los sapos detoxificados requerirán de un buen número de permisos gubernamentales. En el momento de mi visita, Cooper y Tizard todavía no han iniciado los trámites, pero ya están dándole vueltas a otras maneras de manipularlos. Cooper piensa que sería posible alterar los genes que producen la capa gelatinosa que envuelve los huevos de los sapos para que no puedan fecundarse.

«Cuando me explicó la idea, pensé, ¡brillante! —dice Tizard—. Si damos pasos para reducir su fecundidad, eso es oro.» (Una hembra de sapo gigante puede producir hasta treinta mil huevos en una puesta.)

A unos pocos pasos de los sapos detoxificados, *Spot* y *Blondie* se relajan en su propio tanque, un acuario mucho más sofisticado, con una imagen de una escena tropical pegada a uno de los laterales para su disfrute. Ahora ya tienen casi un año y han alcanzado el tamaño adulto, con gruesas lorzas en las carnes, como luchadores de sumo. *Spot* es casi todo marrón,

con un anca amarillenta; *Blondie* tiene un dibujo más variegado, con ancas blanquecinas y manchas claras en las patas delanteras y el pecho. Cooper introduce la mano enguantada en el tanque y extrae de él a *Blondie*, a quien me describe como «bonito». Él responde al instante orinándosele encima. Parece sonreír con malicia, aunque por supuesto comprendo que no es así. Su rostro me parece de una belleza que solo los ingenieros genéticos pueden apreciar.

De acuerdo con la versión estándar de la genética que los niños aprenden en el colegio, la herencia es un juego de azar. Supongamos que una persona (o un sapo) ha recibido de su madre una versión de un gen, llamémosle *A*, y de su padre otra versión rival, *A1*. Entonces cualquiera de sus hijos tendrá la misma probabilidad de heredar un *A* o un *A1*. Con cada generación, *A* y *A1* se irán transmitiendo de acuerdo con las leyes de la probabilidad.

Como tantas otras cosas que se enseñan en el colegio, este relato solo es verdad a medias. Hay genes que siguen las reglas y genes renegados que se niegan a hacerlo. Los fuera de la ley arreglan el juego a su favor de varias y retorcidas maneras. Algunos interfieren en la replicación de un gen rival, otros fabrican copias adicionales de sí mismos para incrementar la probabilidad de ser heredados, e incluso otros manipulan la meiosis, el proceso por el cual se forman óvulos y espermatozoides.[86] De estos genes que se saltan las normas se dice que «se impulsan». Aunque no confieran ninguna ventaja en términos de eficacia biológica, e incluso aunque impongan un coste en estos términos, se transmiten con una probabilidad superior a la mitad de las veces. Algunos genes especialmente egoístas llegan a transmitirse el 90 % de las veces.[87] Genes como estos se han encontrado agazapados en muchos y muy variados organismos, como los mosquitos, los escarabajos de la harina y los leminos, y se cree que se podrían encontrar en muchos más si alguien se molestase en buscarlos.[88] (Ocurre además que los genes impulsores de mayor éxito son difíciles de detectar porque han acabado desplazando a otras variantes.)

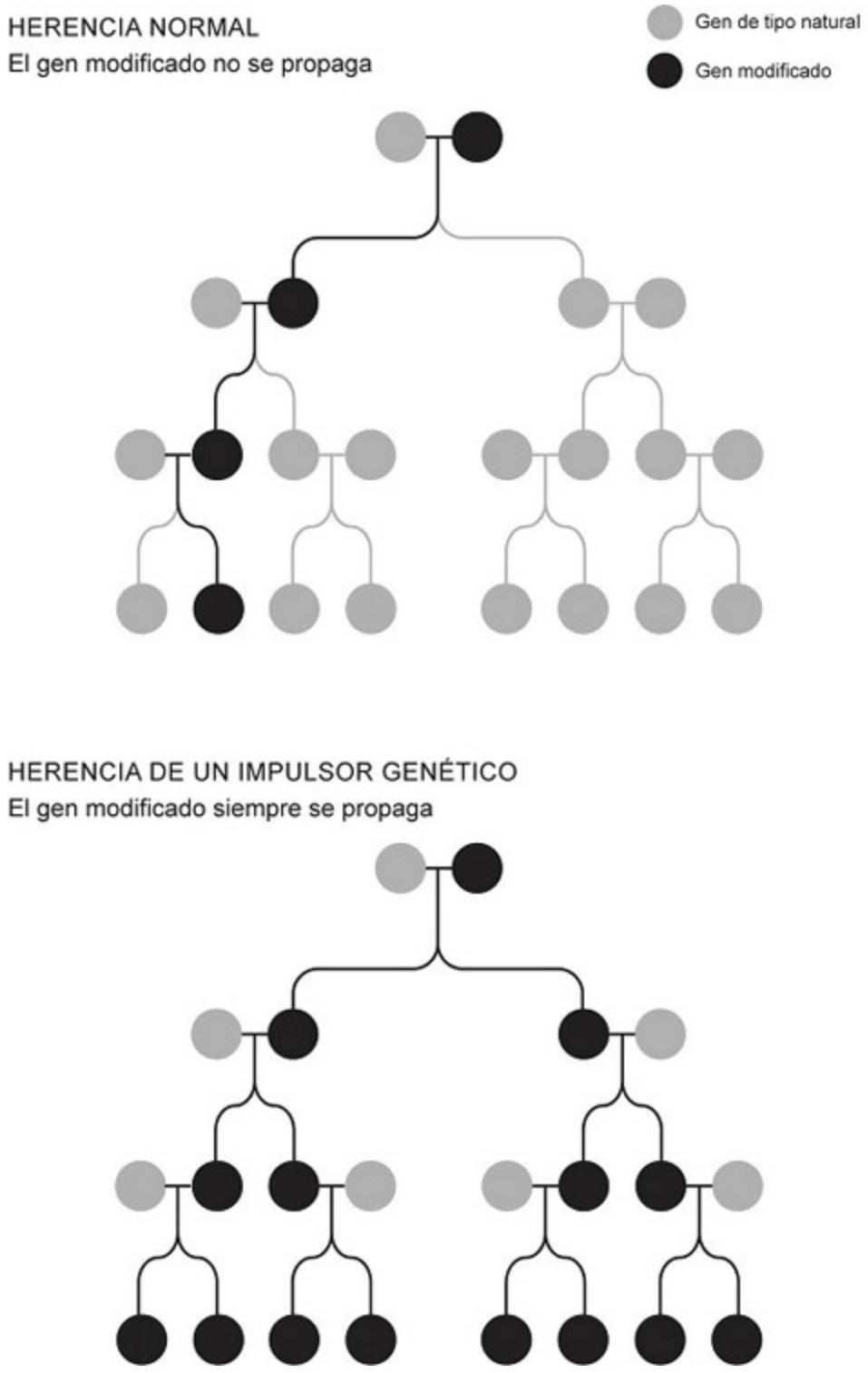
Desde la década de 1960, los biólogos sueñan con aprovechar el poder de los impulsores genéticos (o génicos, del inglés *gene drive*) para, por así decirlo, impulsar un gen. Este sueño se ha hecho realidad, y de qué modo, gracias a CRISPR.

En las bacterias, de las que podría decirse que poseen la patente original de esta tecnología, CRISPR funciona a modo de sistema inmune. Las bacterias que poseen un «locus CRISPR» pueden incorporar a su propio genoma pedacitos del ADN de virus que luego utilizan, como si fueran fotos de fichas policiales, para reconocer a posibles atacantes. Entonces envían unas enzimas asociadas a CRISPR, o enzimas Cas, que funcionan como si fueran minúsculos escalpelos que cortan el ADN de los invasores en sitios críticos y de este modo lo inactivan.

Los ingenieros genéticos han adaptado el sistema CRISPR-Cas para cortar casi cualquier secuencia de ADN que deseen. También han averiguado cómo inducir a una secuencia dañada para que se recosa con una hebra de ADN extraño que se le suministra. (Así es como engañé a mis *E. coli* para que sustituyesen una adenina por una citosina.) Como el sistema CRISPR-Cas es un constructo biológico, también está codificado en el ADN. Y eso resulta ser fundamental para crear un impulsor genético. Si se insertan los genes de CRISPR-Cas en un organismo, este puede programarse para realizar él mismo la tarea de la reprogramación genética.

En 2015, un grupo de científicos de Harvard anunció que mediante este truco autorreflexivo había conseguido crear un impulsor genético sintético en una levadura.[89] (A partir de una levadura de color crema y otra de color rojo, produjeron colonias que, al cabo de unas pocas generaciones, eran todas rojas.) A este anuncio le siguió, tres meses más tarde, el de otros investigadores de la Universidad de California en San Diego que habían usado básicamente el mismo truco para crear un impulsor genético sintético en moscas del vinagre.[90] (Estas moscas suelen ser de color marrón; el impulsor, que le dio un empujoncito a un gen para cierta forma de albinismo, dio lugar a una descendencia de color amarillo.) Y seis meses después, un tercer grupo de científicos anunció que había creado un impulsor genético para el mosquito *Anopheles*.

Si CRISPR confiere el poder de «reescribir las propias moléculas de la vida», con un impulsor genético sintético ese poder aumenta de forma exponencial. Suponiendo que los investigadores de San Diego soltasen sus moscas del vinagre amarillas y estas encontrasen pareja junto a algún contenedor de basura del campus, su descendencia sería amarilla. Y si esa descendencia sobreviviese y volviese a aparearse con éxito, su progenie también sería amarilla. El rasgo seguiría expandiéndose, de forma ineluctable, desde los bosques de secuoyas a las aguas de la Corriente del Golfo hasta que el amarillo dominase.[91]



Con un impulsor genético sintético se anulan las reglas normales de la herencia y un gen modificado se propaga con gran rapidez.
MGMT. design

No hay nada especial en el color de las moscas del vinagre. Prácticamente cualquier gen de cualquier planta o animal —al menos en principio— se puede programar para trucar los dados a su favor. Y eso incluye también a los genes modificados o tomados de otras especies. Debería ser posible, por ejemplo, desarrollar un impulsor que disemine entre los sapos gigantes un gen que degrade sus toxinas. Incluso algún día se podría crear un impulsor para corales que implante un gen que confiera tolerancia al calor.

En un mundo de impulsores genéticos sintéticos, la frontera entre lo humano y lo natural, entre el laboratorio y el entorno silvestre, que ya es borrosa, acabaría de difuminarse. En un mundo así, los humanos no solo determinarían las condiciones bajo las cuales se desarrolla la evolución, sino que podrían —insisto, solo en principio— determinar su resultado.

Es casi seguro que el primer mamífero al que se dotará de un impulsor genético mediante CRISPR será un ratón. Estos constituyen lo que se conoce como un «organismo modelo». Crían deprisa, son fáciles de cuidar y su genoma se conoce al dedillo.

Paul Thomas es un pionero de la investigación sobre ratones. Su laboratorio se encuentra en Adelaida, en el Instituto de Sanidad e Investigación Médica de Australia Meridional, un edificio sinuoso cubierto de puntiagudas placas de metal. (Los de allí lo llaman «rallador de queso»; a mí me recordó más bien la armadura de un anquilosaurio.) Desde el mismo momento en que se publicó un artículo pionero sobre CRISPR, en 2012, Thomas quedó convencido de que aquello lo cambiaba todo. «Nos tiramos a la piscina», me dice. Al cabo de un año, su laboratorio ya había usado CRISPR para modificar genéticamente un ratón aquejado de epilepsia.

Cuando aparecieron los primeros artículos sobre impulsores genéticos sintéticos, Thomas se abalanzó de nuevo sobre la técnica: «Estando interesado en CRISPR y en la genética del ratón, no pude resistir la oportunidad de intentar desarrollar la tecnología». Al principio, su meta era

solo ver si podía hacer que funcionase. «Teníamos una financiación más bien escasa —me dice—. Trabajábamos con cuatro chavos, y estos experimentos son bastante caros.»

Mientras Thomas todavía, en sus propias palabras, «jugueteaba», contactó con él un grupo que se hace llamar GBIRd, acrónimo de Genetic Biocontrol of Invasive Rodents («Biocontrol Genético de Roedores Invasores»), y el *ethos* del grupo se podría describir como el encuentro del doctor Moreau con los Amigos de la Tierra.

«Como tú, queremos preservar nuestro mundo para las futuras generaciones —reza en la web de GBIRd—. Aún hay esperanza.»[92] La página muestra una imagen de un pollo de albatros que mira amorosamente a su madre.

GBIRd buscaba la ayuda de Thomas para diseñar un tipo muy particular de impulsor genético, conocido como «impulsor de supresión», en los ratones. Un impulsor de este tipo está diseñado para vencer por completo a la selección natural. Su propósito es diseminar un rasgo tan deletéreo que pueda llegar a extinguir toda una población. Un grupo de investigadores de Gran Bretaña ya han creado un impulsor de supresión para *Anopheles gambiae*, unos mosquitos que transmiten la malaria. Su objetivo final es soltar los mosquitos en África.

Thomas me explica que hay varias maneras de abordar el diseño de un ratón que se suprima a sí mismo, pero la mayoría de ellas tienen algo que ver con el sexo. Parece estar especialmente interesado en la idea de un ratón «triturador de X».

Los ratones, como otros mamíferos, tienen dos cromosomas que determinan el sexo: los individuos XX son hembras y los XY, machos. Los espermatozoides de los ratones llevan un solo cromosoma, un X o un Y. Un ratón triturador de X tiene un genoma modificado para que todos sus espermatozoides portadores de un gen X sean defectuosos.

«La mitad del esperma se pierde, por así decirlo —me explica Thomas —. No pueden desarrollarse. Así que solo quedan espermatozoides con el cromosoma Y, y toda la progenie estará formada por machos.» Si las instrucciones para triturar se insertan en el cromosoma Y, entonces los

descendientes de esos ratones también producirán únicamente machos y así, con cada generación, el desequilibrio sexual irá creciendo hasta que no queden hembras que puedan reproducirse.

Thomas me explica que las investigaciones sobre un ratón con impulsor genético están yendo más despacio de lo que esperaba. Aun así, cree que para finales de esta década alguien lo habrá desarrollado. Podría ser un triturador de X, o quizá sea el fruto de un diseño que todavía no se le ha ocurrido a nadie. Los modelos matemáticos sugieren que un impulsor de supresión eficaz podría ser muy eficiente: un centenar de estos ratones soltados en una isla podrían reducir a cero una población de cincuenta mil ratones comunes en apenas unos años.[93]

«Eso es sorprendente —concluye Thomas—. Es algo por lo que apostar.»

Si el marcador geológico más claro del Antropoceno es un pico de partículas radiactivas, su marcador biológico más claro podría ser un pico en la abundancia de roedores. En cualquier lugar del planeta donde se han asentado los humanos, e incluso en algunos lugares que solo han visitado, les han acompañado ratas y ratones, a menudo con terribles consecuencias.

La rata del Pacífico (*Rattus exulans*) vivía confinada en el sudeste asiático. Hace unos tres mil años, los polinesios, que eran un pueblo marinero, la llevaron a casi todas las islas del Pacífico. Su llegada desencadenó una ola de destrucción tras otra que, en conjunto, se llevaron por delante al menos un millar de especies de aves endémicas de las islas.[94] Más tarde, los colonizadores europeos llevaron a esas mismas islas —y a muchas otras— las ratas de barco (*Rattus rattus*), desencadenando nuevas oleadas de extinción que todavía no han cesado. En el caso de la isla Big South Cape (o Taukihepa) de Nueva Zelanda, las ratas de barco no llegaron hasta la década de 1960, cuando ya había naturalistas preparados para documentar lo que ocurriera. Pese a los denodados esfuerzos por salvarlas, se extinguieron tres especies endémicas de la isla (un murciélago y dos aves).[95]

El ratón común (*Mus musculus*) se originó en el subcontinente indio, pero hoy se lo puede encontrar desde los trópicos hasta muy cerca de los polos. Según Lee Silver, autor de *Mouse Genetics*: «Solo los humanos son tan adaptables (y algunos dirían que menos)».[96] En las circunstancias adecuadas, los ratones pueden ser tan feroces como las ratas, e igual de mortíferos. La isla de Gough (o de Gonçalo Álvares), que se encuentra más o menos a medio camino entre África y Sudamérica, acoge a las últimas dos mil parejas de albatros de Tristán. Las videocámaras instaladas allí han registrado cómo pandillas de ratones atacan a los pollos de albatros y se los comen vivos. «Trabajar en la isla de Gough es como trabajar en un centro de traumatología aviar», ha escrito Alex Bond, un biólogo de la conservación británico.[97]

Durante las últimas décadas, el arma preferida contra las invasiones de roedores ha sido el raticida Brodifacoum, un anticoagulante que induce hemorragias internas. El Brodifacoum se puede mezclar con un cebo y repartirlo por medio de comederos, o puede esparcirse a mano o lanzarse desde el aire. (Primero diseminamos una especie por todo el mundo ¡y luego la envenenamos desde helicópteros!) Así se han erradicado los ratones y las ratas en cientos de islas deshabitadas, unas campañas que han permitido salvar a un buen número de especies que se encontraban al borde de la extinción, entre ellas la cerceta de las Campbell, un pequeño pato no volador de Nueva Zelanda, y la corredora de Antigua, una culebra grisácea que se alimenta de lagartos.

Desde la perspectiva de un roedor, la desventaja del Brodifacoum es bastante obvia: la hemorragia interna es una forma lenta y dolorosa de morir. Pero también tiene desventajas desde la perspectiva del ecólogo. Pueden comer el cebo otros animales a los que no va dirigido, o estos pueden comer roedores envenenados. De este modo, el veneno se mueve arriba y abajo por la cadena trófica. Y basta con que sobreviva a la aplicación del veneno una sola rata preñada para que se pueda repoblar la isla entera.

Los ratones con impulsores genéticos eludirían estos problemas. Su impacto sería muy preciso. No habría más muertes por hemorragia. Y, lo que quizá sea lo mejor de todo, estos roedores se podrían soltar en islas

habitadas, en las que, como es comprensible, no gusta que se tiren anticoagulantes desde el aire.

Pero, como suele ocurrir, al resolver unos problemas se crean otros. Y en este caso muy grandes. Enormes. La tecnología del impulso génico se ha comparado con el «hielo-9» de Kurt Vonnegut, del que bastaba una minucia para congelar toda el agua del mundo. Lo que se teme es que un solo ratón triturador de X escapado pueda tener un efecto igual de escalofriante, una suerte de «ratón-9».[98]

Para prevenir una catástrofe con tintes de Vonnegut, se han propuesto varias estrategias con nombres como «rescate del asesino», «surtido de multilocus» o «cadena margarita».[99] Todas ellas comparten una premisa básica y optimista: se puede producir un impulsor genético que sea eficaz, pero no «demasiado». La idea es diseñarlo de tal manera que se agote al cabo de varias generaciones, o bien vincularlo a una variante de un gen que solo se encuentre en la única población de una sola isla. También se ha sugerido que si, pese a todo, un impulsor genético consiguiese de algún modo escaparse, todavía se podría soltar en la naturaleza otro impulsor genético que lleve lo que se conoce como secuencia *CATCHA*, que serviría para eliminar al anterior.[100] ¿Qué puede salir mal?

Durante mi estancia en Australia, quise salir del laboratorio y adentrarme en la naturaleza. Pensé que sería divertido ver algunos satanelos septentrionales, pues en las fotos que había encontrado en la web me parecieron de lo más simpáticos, como unos tejones en miniatura. Pero cuando pregunté, me di cuenta de que verlos requería más pericia y tiempo de los que tenía. Era mucho más fácil encontrar algunos de los anfibios que los estaban matando. Así que un atardecer salí acompañada de una bióloga, Lin Schwarzkopf, a la caza del sapo.

Resulta que Schwarzkopf es una de las inventoras de la trampa Toadinator, y pasamos por su oficina, en la Universidad James Cook, para echarle un vistazo al artilugio. Es una jaula más o menos del tamaño de un

horno eléctrico, con una portezuela hecha con una solapa de plástico. Cuando Schwarzkopf enciende el pequeño altavoz de la trampa, en la oficina reverbera el grave canto del sapo.

«Los sapos machos se sienten atraídos hacia cualquier cosa que suene remotamente como un sapo de caña —me explica—. Si oyen un generador, allá van.»

La Universidad James Cook se encuentra en la costa del norte de Queensland, en la región donde se introdujeron los sapos. Schwarzkopf cree que podremos encontrar algunos en los propios terrenos de la universidad. Nos ponemos linternas frontales. Son las nueve de la noche y el campus está desierto salvo por nosotras dos y una familia de ualabíes que saltan de aquí para allá. Deambulamos durante un rato, buscando el destello de un ojo malévolo. Cuando empiezo a perder la esperanza, Schwarzkopf descubre un sapo entre la hojarasca. Lo coge y al momento lo identifica como una hembra.

«No te harán daño salvo que le hagas pasar muy mal rato —dice, señalando las glándulas de las toxinas de los sapos, que parecen dos grandes bolsas—. Por eso no es buena idea golpearlos con un palo de golf. Si le pegas justo en las glándulas, el veneno puede salir rociado, y si te alcanza los ojos te puede dejar ciega durante varios días.»

Paseamos un rato más. Schwarzkopf me hace notar que el tiempo ha sido tan seco que probablemente anden apurados de humedad: «Les encantan los compresores de aire acondicionado, cualquier cosa que suelte agua». Encontramos dos sapos más cerca de un viejo invernadero donde alguien ha regado no hace mucho. Schwarzkopf le da la vuelta a una caja del tamaño y la forma de un cofre. «¡Menudo filón!», anuncia. En un dedo de agua espumosa hay más sapos de caña de los que puedo contar. Algunos se apilan encima de otros. Pienso que intentarán escapar, pero permanecen imperturbables.

El argumento más sólido a favor de la manipulación genética de sapos gigantes, ratones comunes y ratas de barco es también el más simple: ¿cuál es la alternativa? Rechazar estas tecnologías por no ser naturales no nos va a devolver la naturaleza. La elección no se plantea entre lo que fue y lo que es, sino entre lo que es y lo que será, y esto último, demasiado a menudo, es

nada. En esta situación se encuentran los cachorritos del Hoyo del Diablo, de Shoshone y de Pahrump, el satanelo septentrional, la cerceta de las Campbell y el albatros de Tristán. Si nos aferramos a una interpretación estricta de lo natural, estas, y miles de especies más, acabarán desapareciendo. La cuestión, llegados a este punto, no es si vamos a alterar la naturaleza, sino con qué fin.

«Somos como dioses y vamos a tener que aprender a ser buenos en esto», es la célebre declaración que Stewart Brand, el editor de *Whole Earth Catalog*, escribió en el primer número, publicado en 1968. En respuesta a la transformación global que se está produciendo, Brand ha vuelto a expresarlo con más vehemencia: «Somos como dioses y "tenemos" que ser buenos en esto». Brand es uno de los fundadores de un grupo, Revive & Restore, cuya misión declarada es «promover la biodiversidad mediante nuevas técnicas de rescate genético».[101] Entre los proyectos más fantásticos que el grupo ha respaldado hay un intento de resucitar la paloma pasajera. La idea es invertir la historia manipulando los genes de su pariente vivo más próximo, la paloma de collar.

Mucho más cerca de su consecución está el intento de devolver a la naturaleza el castaño americano. Este árbol, en otro tiempo abundante en la región oriental de Estados Unidos, ha estado a punto de desaparecer por completo por culpa del cancro del castaño. (El cancro, un patógeno fúngico introducido a principios del siglo XX, ha matado casi todos los castaños de Norteamérica.) Investigadores del Colegio de Ciencias Ambientales y Forestales de la Universidad Estatal de Nueva York, sito en Siracusa, en el estado de Nueva York, han creado un castaño modificado genéticamente que es inmune al cancro. La clave de esta resistencia es un gen importado del trigo. Por este único gen introducido, el árbol se considera transgénico y debe obtener permisos federales, por lo cual, hasta el momento, los pimpollos resistentes al cancro están confinados en invernaderos y parcelas cercadas.

Tal como señala Tizard, no paramos de mover genes por todo el mundo, por lo general en forma de genomas enteros. Fue así como llegó a Norteamérica el cancro del castaño, a caballo de castaños importados de Japón. Si podemos corregir nuestro anterior y trágico error con solo

cambiar un gen, ¿no se lo debemos al castaño americano? Puede argumentarse que la capacidad de «reescribir las propias moléculas de la vida» nos obliga a ello.

Por supuesto, el argumento contra esa intervención también es convincente. El razonamiento que subyace al «rescate genético» es del mismo tipo que el responsable de muchas meteduras de pata que han alterado nuestro mundo. (Sin ir más lejos, las carpas asiáticas y los sapos de caña.) La historia de las intervenciones biológicas diseñadas para corregir intervenciones biológicas anteriores se puede leer como *El gato garabato*, de Dr. Seuss, en el cual, al felino, después de comer tarta en la bañera, se le pide que limpie la cochambre:

> *¿Sabéis cómo lo hizo?*
> *¡con el blanco vestido de mamá!*
> *Ahora la bañera está limpia,*
> *¡pero el vestido hecho un cisco!*[102]

En la década de 1950, el Departamento de Agricultura de Hawái decidió controlar los caracoles gigantes africanos, que dos décadas antes se habían introducido como ornamentos de jardín, importando otro caracol, el lobo, también conocido como «caracol caníbal». Los caracoles lobo apenas le hicieron cosquillas al caracol gigante, pero acabaron zampándose docenas de especies de los pequeños caracoles endémicos de Hawái, produciendo lo que E. O. Wilson ha denominado «una extinción en avalancha».[103]

En respuesta a Brand, Wilson ha comentado: «No somos como dioses. Todavía no somos lo bastante sintientes o inteligentes para ser gran cosa de nada».[104]

Paul Kingsnorth, un escritor y activista inglés, lo ha expresado de este modo: «Somos como dioses, pero no hemos conseguido ser buenos en eso … Somos Loki, matamos lo hermoso por diversión. Somos Saturno devorando a sus hijos».[105]

Kingsnorth también ha observado lo siguiente: «A veces no hacer nada es mejor que hacer algo. Otras veces es justo al contrario».

Al aire

1

Hace unos años recibí por correo electrónico un mensaje promocional de una compañía que ofrecía un nuevo servicio para quienes se sentían preocupados por su papel en la destrucción del planeta. Pagando una tarifa, la compañía, Climeworks, retiraba del aire las emisiones de carbono de sus suscriptores. Luego inyectaba el CO_2 a ochocientos metros de profundidad bajo tierra, donde el gas se solidificaba en forma de roca.

«¿Por qué convertir el CO_2 en una piedra?», preguntaba el mensaje. Porque la humanidad ya ha emitido tanto carbono «que tenemos que retirarlo físicamente de la atmósfera para mantener el calentamiento global dentro de unos niveles seguros». Firmé al instante, convirtiéndome así en una «pionera». Cada mes, la compañía me enviaba otro mensaje antes de hacer el cargo en mi tarjeta de crédito: «Su suscripción se renovará pronto y seguirá convirtiendo emisiones de CO_2 en roca». Tras un año de misivas, decido que ha llegado la hora de visitar mis emisiones, una decisión debo admitir que un tanto insensata, puesto que las inflará todavía más.

Aunque Climeworks tiene sus oficinas centrales en Suiza, sus instalaciones para convertir el aire en piedra se encuentran en el sur de Islandia. En cuanto llego a Reikiavik, alquilo un coche y conduzco hacia el este siguiendo la Ruta 1, la carretera principal que da la vuelta al país. Al cabo de diez minutos ya he salido de la ciudad, y después de unos veinte he salvado los suburbios y ruedo sobre un antiguo campo de lava.

Islandia es, en esencia, un campo de lava. Se asienta sobre la dorsal mesoatlántica, de modo que, a medida que el océano Atlántico se ensancha, se expande en direcciones opuestas. El país está atravesado en diagonal por una cicatriz flanqueada de volcanes activos. Me dirijo hacia un lugar cercano a esa cicatriz, una planta de energía de trescientos megavatios, la central geotérmica de Hellisheiði. El paisaje da la impresión de que lo

hayan pavimentado gigantes para luego abandonarlo. No hay árboles ni arbustos, solo manchas de hierba y musgo, y montones de bloques de roca negra, de aspecto casi cuadrado.

Cuando llego a la verja de la central, el lugar entero parece humear y el aire apesta a azufre. Enseguida se acerca un pequeño pero simpático coche, pintado de un vivo color naranja, del que sale Edda Aradóttir, una directora gerente de Reykjavík Energy, que es la propietaria de la central energética. Aradóttir es rubia, tiene la cara redonda, adornada por unas gafas, y lleva el cabello largo, recogido por detrás. Me ofrece un casco y se pone el suyo.

En comparación con otras centrales energéticas, las geotérmicas son «limpias». En lugar de quemar combustibles fósiles, aprovechan vapor de agua o agua supercalentada que bombean de las profundidades de la tierra, por lo que suelen situarse en áreas volcánicas activas. No obstante, tal como me explica Aradóttir, también producen emisiones. Es inevitable que junto con el agua supercalentada emerjan gases indeseables, como sulfuro de hidrógeno —lo que explica el hedor— y dióxido de carbono. De hecho, antes del Antropoceno, los volcanes eran la principal fuente de CO_2 atmosférico.

Hace más o menos una década, Reykjavík Energy ideó un plan para conseguir que su energía limpia lo fuese todavía más. En lugar de dejar que el dióxido de carbono se escapara al aire, la planta de Hellisheiði quería capturarlo y disolverlo en agua. Luego esta mezcla, que básicamente es como un refresco carbonatado a alta presión, la inyectarían de nuevo bajo tierra. Los cálculos realizados por Aradóttir y otros indicaban que, a gran profundidad bajo la superficie, el CO_2 reaccionaría con la roca volcánica y se mineralizaría.

«Sabemos que las rocas almacenan CO_2 —me aclara—. De hecho, son uno de los principales reservorios de carbono de la Tierra. La idea es imitar y acelerar ese proceso para luchar contra el cambio climático.»

Aradóttir abre la verja y nos dirigimos en su pequeño coche naranja a la parte trasera de la central. En este día de finales de la primavera, la brisa fresca hace que el vapor que se eleva desde los tubos y las torres de refrigeración no parezca saber qué dirección tomar. Hacemos una pausa junto a una gran nave forrada de metal anexa a una estructura que recuerda

a un lanzador de cohetes. En el edificio, un letrero informa: STEINRUNNIÐ GRÓÐURHÚSALOFT, que me traducen como «gas invernadero petrificado». Aradóttir me explica que en el lanzacohetes es donde el CO_2 de la central se separa de otros gases geotérmicos y se prepara para ser inyectado. Conducimos un poco más lejos y llegamos a algo que se asemeja a un descomunal compresor de aire acondicionado pegado a un contenedor de transporte. Sobre este, un letrero reza: ÚR LAUSU LOFTI, o «desde el aire libre».

Esta es, me dice Aradóttir, la máquina de Climeworks que retira de la atmósfera mis emisiones o, la verdad sea dicha, solo una parte de mis emisiones. De repente, la máquina, que de manera formal se conoce como unidad de captura directa del aire, comienza a zumbar. «¡Oh!, acaba de comenzar el ciclo —me explica—. ¡Qué suerte!»

«Al principio del ciclo, el equipo succiona aire —prosigue—, y el CO_2 se adhiere a ciertas sustancias químicas que hay en el interior de la unidad de captura. Luego calentamos esas sustancias para que liberen el CO_2.» Este gas, el CO_2 de Climeworks, se añade entonces a la mezcla de agua carbonatada de la central geotérmica de camino al lugar de inyección.

Aun sin ayuda como esta, la mayor parte del dióxido de carbono que emitimos los humanos acabará tarde o temprano convertido en piedra gracias a un proceso natural conocido como «meteorización química». Pero «tarde o temprano» significa de aquí a cientos de miles de años, y ¿quién tiene tiempo para esperar a la naturaleza? En Hellisheiði, Aradóttir y sus colaboradores aceleran las reacciones químicas en varios órdenes de magnitud. Lo que de manera natural llevaría miles de años, aquí queda reducido a unos pocos meses.

Un testigo de basalto con bolsas de carbonato de calcio.
Por gentileza de U.S. Department of Energy/Pacific Northwest National Laboratory

Aradóttir ha traído consigo un testigo de roca para mostrarme el resultado final. Con unos sesenta centímetros de longitud y cinco de diámetro, tiene el color oscuro de los campos de lava. Pero la roca negra (basalto) está llena de agujeros, y en estos huecos se acumula un compuesto blanco: carbonato de calcio. Los depósitos blancos corresponden, si no a mis propias emisiones, a las de alguna otra persona.

Una cuestión muy debatida es saber exactamente cuándo comenzamos los humanos a alterar la atmósfera. De acuerdo con una teoría, el proceso se inició hace unos ocho o nueve mil años, antes de los albores de la historia escrita, cuando se domesticó el trigo en Oriente Medio y el arroz en Asia. Los primeros agricultores desbrozaron tierras para la agricultura, y a medida que talaban y quemaban los bosques, se liberaba dióxido de carbono. Aunque se tratase de cantidades modestas en comparación con las actuales, de acuerdo con los defensores de esta teoría, conocida como «hipótesis del Antropoceno temprano», tuvieron un efecto fortuito. A causa

de los ciclos naturales, los niveles de CO_2 deberían haber descendido durante ese período, pero la intervención humana los mantuvo más o menos constantes.

«El inicio de la transición del control del clima por la naturaleza al control por los humanos se produjo hace varios miles de años», ha escrito William Ruddiman, un profesor emérito de la Universidad de Virginia y el más destacado defensor de un «Antropoceno temprano».[1]

Desde otro punto de vista, más extendido, el cambio solo empezó a producirse de verdad a finales del siglo XVIII, después de que el ingeniero escocés James Watt diseñase una nueva máquina de vapor. Por decirlo de un modo un tanto anacrónico, con la máquina de Watt la Revolución Industrial «arrancó motores». A medida que la energía del agua dejaba paso a la energía del vapor, las emisiones de CO_2 comenzaron a subir, despacio al principio, luego de manera vertiginosa. En 1776, el primer año que Watt comercializó su invención, los humanos emitieron unos quince millones de toneladas de CO_2. En el año 1800, esa cifra había aumentado hasta treinta millones de toneladas. En 1850, se había inflado hasta los doscientos millones de toneladas al año, y en 1900, casi dos gigatoneladas anuales.* En la actualidad, la cifra se acerca a las cuarenta gigatoneladas al año. Hemos alterado la atmósfera hasta tal punto que una de cada tres moléculas de CO_2 del aire actual tuvo su origen en nuestras actividades.[2]

Por culpa de esta intervención, desde los tiempos de Watt la temperatura media global ha subido 1,1 °C. Este aumento ya ha provocado toda una serie de consecuencias cada vez más graves. Las sequías se acentúan,[3] las tormentas se tornan más feroces,[4] y las olas de calor, más mortíferas. La época de incendios se está alargando al tiempo que los propios incendios se tornan más intensos.[5] La tasa de subida del nivel del mar se está acelerando. Un estudio reciente publicado en la revista *Nature* informa de que la fusión de los hielos de la Antártida se ha multiplicado por tres desde la década de 1990.[6] Otro estudio reciente predice que la mayoría de los atolones quedarán inhabitables durante las próximas décadas, algo que afecta a naciones enteras, como las Maldivas o las Islas Marshall.[7] Parafraseando a J. R. McNeill cuando parafraseaba a Marx: «Los hombres hacen su propio clima, pero no lo hacen a su voluntad».

Nadie puede decir con precisión hasta dónde puede calentarse el mundo antes de que un auténtico desastre, como la inundación de un país muy poblado como Bangladesh o el colapso de ecosistemas cruciales como los arrecifes de coral, resulte ya inevitable. Oficialmente, el umbral de la catástrofe es un aumento de la temperatura media global de 2 °C. Casi todos los países aceptaron este umbral en una ronda de negociaciones celebradas en Cancún en 2010.

Cuando los líderes mundiales se reunieron en París en 2015, revisaron esta cifra. Un umbral de dos grados les pareció entonces demasiado alto. Los firmantes del Acuerdo de París se comprometieron a «mantener el aumento de la temperatura global media claramente por debajo de 2 °C … y tomar medidas para intentar limitar el aumento de temperatura a 1,5 °C».[8]

Sea como sea, la matemática es implacable. Para mantenernos por debajo de 2 °C, las emisiones globales tendrían que caer casi hasta cero en unas pocas décadas. Para no llegar al límite de 1,5 °C, deberían acercase a cero en el curso de una sola década.[9] Eso comportaría, para empezar, reformar los sistemas agrícolas, transformar la industria de manufactura, acabar con los vehículos de gasolina o gasoil y reemplazar la mayoría de las centrales energéticas del mundo.

La remoción de dióxido de carbono nos ofrece una vía para reescribir esa matemática. La extracción de grandes cantidades de CO_2 de la atmósfera y las «emisiones negativas» permitirían, en principio, contrarrestar las positivas. Incluso podría ser factible franquear el umbral de la catástrofe y luego extraer del aire el carbono suficiente para prevenir las calamidades, una situación que se conoce como «sobrepaso».

Si de alguien se puede decir que ha inventado las «emisiones negativas», ese es el físico de origen germano Klaus Lackner. Klaus es un hombre esbelto, de ojos oscuros y frente prominente, que ronda los setenta. Trabaja en la Universidad de Arizona en Tempe, y quedo con él en su despacho. La oficina está casi vacía salvo por unas cuantas viñetas de *The New Yorker* en torno al «nerdismo» que, según me explica, su mujer recorta

para él. En una de las viñetas, un par de científicos se encuentran junto a una enorme pizarra repleta de ecuaciones. «La matemática es correcta —dice el primero de ellos—, pero de mal gusto.»

Lackner ha vivido en Estados Unidos durante casi toda su vida adulta. A finales de la década de 1970 se mudó a Pasadena para estudiar con George Zweig, uno de los descubridores de los quarks, y varios años más tarde se trasladó al Laboratorio Nacional de Los Álamos para investigar sobre la fusión. «Una parte de la investigación era secreta —me dice—, no toda.»

La fusión es el proceso que alimenta las estrellas y, más cerca de nosotros, las bombas termonucleares. En la época en que Lackner trabajaba en Los Álamos, se pregonaba como la energía del futuro. Un reactor de fusión podría generar cantidades prácticamente ilimitadas de energía libre de carbono a partir de isótopos de hidrógeno. Lackner se convenció de que todavía habría que esperar, como poco, varias décadas para ver el primer reactor de fusión. Varias décadas más tarde, el consenso general es que todavía tendremos que esperar varias décadas para disponer de un reactor de fusión funcional.

«Comprendí, probablemente antes que la mayoría, que el anuncio de la muerte de los combustibles fósiles se había exagerado mucho»,* me dice.

Una tarde de principios de la década de 1990, Lackner estaba tomando una cerveza con un amigo, Christopher Wendt, también físico, cuando los dos empezaron a preguntarse por qué, tal como Lackner me lo explica, «ya nadie hace cosas grandes y disparatadas». Aquello los llevó a plantearse más preguntas —y posiblemente a tomar más cervezas.

Juntos desarrollaron su propia idea «grande y disparatada», y decidieron que, en realidad, no era tan disparatada. Varios años después de su primera conversación, publicaron un artículo lleno de ecuaciones en el que defendían que unas máquinas autorreplicantes podrían satisfacer las necesidades energéticas del mundo y, más o menos de paso, arreglar el desastre que habíamos creado con la quema de combustibles fósiles. Llamaron a sus máquinas «auxones», del griego *αυξάνω*, que significa «crecer». Los auxones obtendrían la energía mediante paneles solares y, a medida que se multiplicasen, producirían más paneles solares que construirían a partir de elementos, como el silicio y el aluminio, que

extraerían del propio suelo. La creciente colección de paneles produciría cada vez más energía, a un ritmo exponencial. Una extensión de paneles que cubriera mil kilómetros cuadrados, una superficie equivalente a la de Nigeria pero, como Lackner y Wendt hacían notar, «menor que muchos desiertos», bastaría para satisfacer muchas veces la demanda global de electricidad.[10]

Esa misma colección de auxones se podría utilizar para retirar carbono del aire. Según sus cálculos, una planta solar del tamaño de Nigeria bastaría para retirar todo el dióxido de carbono emitido por los humanos hasta ese momento. Lo ideal sería convertir el CO_2 en piedra, más o menos del mismo modo que se convertían en roca mis emisiones en Islandia. Solo que, en lugar de pequeñas bolsas de carbonato de calcio, se produciría una cantidad suficiente para cubrir países enteros, para revestir toda Venezuela con una capa de casi medio metro de grosor. (Adónde iría a parar todo ese material es algo que los dos autores no especificaron.)

Pasaron los años, y Lackner fue abandonando la idea de los auxones, pero se sintió cada vez más interesado en las emisiones negativas.

«A veces se aprende mucho cuando se piensa sobre los extremos», me explica. Comenzó a dar conferencias y escribir artículos sobre el tema. La humanidad, decía, iba a tener que encontrar la manera de sacar carbono del aire. Algunos de sus colegas científicos decidieron que estaba loco, otros, que era un visionario. «Klaus es, de hecho, un genio», me dijo Julio Friedmann, un antiguo subsecretario de Energía que ahora trabaja en la Universidad de Columbia.

A mediados de la década de 2000, Lackner presentó un plan para desarrollar una tecnología de extracción de carbono a Gary Comer, uno de los fundadores de la firma de ropa Lands’ End. Comer se hizo acompañar a la reunión por su consejero de inversiones, quien decidió que lo que Lackner buscaba no era tanto «capital riesgo» como «capital aventurero».[11] No obstante, Comer se comprometió a invertir cinco millones de dólares. La compañía llegó a construir un pequeño prototipo, pero justo cuando empezaba a buscar nuevos inversores, los golpeó la crisis financiera de 2008.

«No podíamos haber escogido mejor momento», ironiza Lackner. Incapaz de conseguir más fondos, la compañía quebró. Entretanto, el consumo de combustibles fósiles siguió subiendo y, con él, los niveles de CO_2. Lackner cree que, sin pretenderlo, la humanidad ya se ha comprometido con la extracción de dióxido de carbono.

«Creo que nos encontramos en una situación muy incómoda —me dice —. Mi impresión es que, si las tecnologías para retirar CO_2 del aire fracasan, tendremos un problema muy grave.»

En 2014, Lackner fundó el Centro para la Emisiones Negativas de Carbono de la Universidad Estatal de Arizona. La mayor parte de los aparatos que concibe se fabrican en un taller situado a pocas manzanas de su oficina. Después de charlar un rato, nos acercamos hasta allí.

En el taller, un ingeniero anda trasteando con lo que parecen las entrañas de un sofá cama. Allí donde, en la versión para una sala de estar, habría un colchón, en este hay una complicada maraña de cintas de plástico. Entremetido en cada cinta hay un polvo compuesto por miles y miles de diminutas cuentas de color ambarino. Las cuentas, según me explica Lackner, están hechas de una resina que se suele utilizar en el tratamiento de aguas y se puede comprar en grandes cantidades. Cuando está seco, el polvo formado por estas cuentas absorbe dióxido de carbono. Cuando está húmedo, lo libera. La idea que hay detrás de esta forma de sofá cama consiste en exponer las cintas al sediento aire de Arizona y luego plegar el artilugio dentro de un contenedor hermético con agua. El CO_2 capturado durante la fase seca se liberará entonces, durante la fase húmeda, y podrá extraerse del contenedor de manera que el proceso comience de nuevo, en series sucesivas de pliegue y despliegue.

Lackner me explica que, según sus cálculos, un aparato del tamaño de la caja de un camión podría retirar una tonelada de dióxido de carbono al día, 365 al año. Como las emisiones globales se sitúan hoy en día en torno a las cuarenta mil toneladas anuales, calcula que «si construimos unos cien millones de unidades del tamaño de un camión» podríamos llegar a

compensarlas. Reconoce que la cifra asusta. Pero me hace notar que el iPhone solo se fabrica desde 2007 y ya hay casi mil millones en uso. «Todavía nos encontramos muy al principio de todo esto», concluye.

Tal como lo ve, la clave para evitar «problemas realmente graves» es pensar de manera distinta. «Necesitamos cambiar el paradigma», me dice. Y añade que el dióxido de carbono debe verse en esencia de la misma manera como vemos las aguas residuales.[12] No esperamos que la gente deje de producir residuos. «Sería absurdo recompensar a la gente por ir menos al retrete», observa. Pero, al mismo tiempo, no permitimos que nadie defeque en las aceras. E insiste en que una de las razones por las que hemos tenido tantas dificultades para abordar el problema del carbono es que lo hemos cargado de connotaciones éticas. En la medida que las emisiones se vean como algo malo, veremos como culpables a quienes las produzcan.

«Esta postura moral nos convierte a todos en pecadores, y a muchos en hipócritas que, aun sintiéndose preocupados por el cambio climático, no dejan de participar de los beneficios de la modernidad», ha escrito.[13] A su parecer, cambiar el paradigma nos llevaría a cambiar ese discurso. Sí, hemos alterado de manera fundamental la atmósfera. Y, en efecto, es probable que eso nos lleve a todo tipo de nefastas consecuencias. Pero los humanos gozamos de ingenio. Se nos ocurren ideas grandes y disparatadas, y algunas, a veces, hasta funcionan.

Durante los primeros meses de 2020 se desarrolló un ingente experimento no supervisado. A medida que el coronavirus se propagaba con furia, se recluyó en sus casas a miles de millones de personas. En el pico del confinamiento, en abril, las emisiones globales de CO_2 se redujeron en un 17 % con relación al período comparable del año anterior.[14]

Esta caída, la mayor jamás registrada, fue seguida de un nuevo máximo. En mayo de 2020, los niveles de dióxido de carbono de la atmósfera alcanzaron un récord de 417,1 partes por millón.

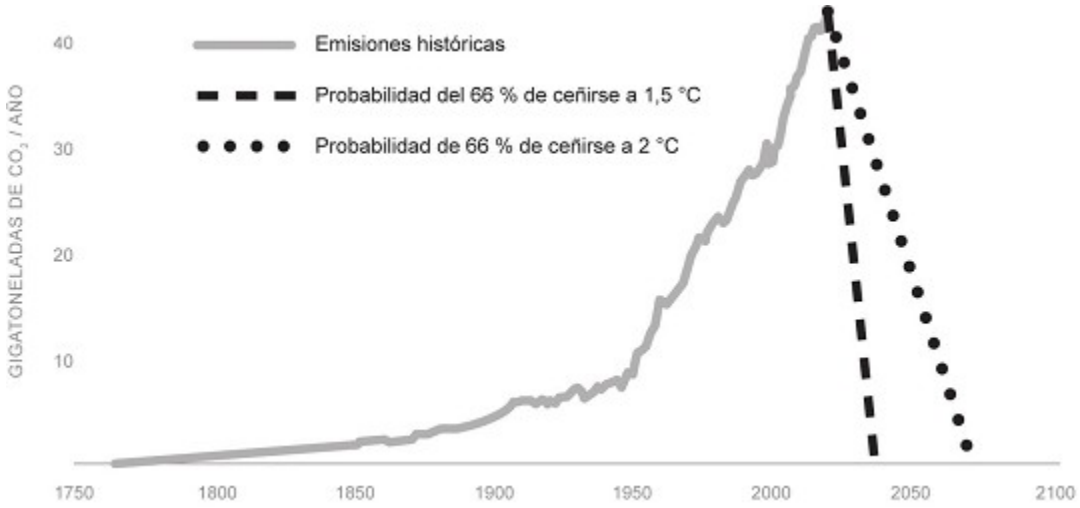
Una bajada de las emisiones seguida de un incremento de las concentraciones atmosféricas subraya un hecho obstinado sobre el dióxido de carbono: una vez en el aire, se queda en el aire. Exactamente por cuánto

tiempo es una pregunta compleja,[15] pero, a todos los efectos, debemos pensar que las emisiones de CO_2 son acumulativas. La situación suele compararse con una bañera. Mientras el grifo siga corriendo, mientras en el desagüe haya un tapón, la bañera seguirá llenándose. Si cerramos un poco el grifo, todavía seguirá llenándose, solo que más despacio.

Si ampliamos la analogía, podríamos decir que la bañera de 2 °C está llegando a su capacidad y que la bañera de 1,5 °C ya rebosa. Por eso los cálculos sobre el carbono son tan difíciles. Recortar las emisiones es del todo esencial, pero insuficiente. Si las redujésemos a la mitad, que es algo que nos obligaría a reconstruir buena parte de las infraestructuras del planeta, los niveles de CO_2 no bajarían: solo aumentarían menos deprisa.

Luego está la cuestión de la equidad. Como las emisiones de carbono son acumulativas, los más responsables del cambio climático son aquellos que más han emitido a lo largo del tiempo. Con apenas un 4 % de la población mundial, a Estados Unidos le corresponde casi el 30 % de las emisiones agregadas. Los países de la Unión Europea, con un 7 % de la población mundial, han producido alrededor del 22 % de las emisiones agregadas. Para China, donde vive aproximadamente el 18 % de la población mundial, la cifra es del 13 %. India, que parece que pronto va a sobrepasar a China como la nación más poblada, es responsable de un 3 %. Todas las naciones de África y todas las naciones de Sudamérica juntas son responsables de menos del 6 %.[16]

Para llegar a cero, todos tendrían que dejar de emitir, no solo estadounidenses, europeos y chinos, sino también indios, africanos y sudamericanos. Pero pedir a unos países que apenas han contribuido al problema que renuncien al carbono porque otros países ya lo han producido en gran exceso es una terrible injusticia. Tampoco se sostiene desde un punto de vista geopolítico. Por esta razón, los acuerdos climáticos internacionales siempre se han basado en la premisa de «responsabilidades comunes pero diferenciadas». En el Acuerdo de París, se conmina a los países desarrollados a «seguir encabezando los esfuerzos, adoptando metas absolutas de reducción de las emisiones para el conjunto de la economía», mientras que a los países en desarrollo se los anima, más vagamente, a aumentar sus «esfuerzos de mitigación».



Para que el mundo tenga una probabilidad de dos tercios de mantenerse por debajo de 2 °C de aumento sin remoción de dióxido de carbono, las emisiones de CO_2 tendrían que caer hasta cero durante las próximas décadas. Para mantenerse por debajo de un aumento de 1,5 °C, las emisiones tendrían que caer mucho más deprisa.
MGMT. design, adaptado de Zeke Hausfather, a partir de datos de *Global Warming of 1.5 °C: An IPCC Special Report*.

Todo esto hace que las emisiones negativas resulten atractivas. Por lo menos, la idea. Hasta qué punto la humanidad ya cuenta con ellas queda bien patente en el último informe del Grupo Intergubernamental del Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC por sus siglas en inglés), que se publicó en vísperas de la reunión de París. Para vislumbrar el futuro, el IPCC cuenta con una serie de modelos numéricos que representan los sistemas económicos y energéticos del mundo mediante una maraña de ecuaciones. Las salidas de estos modelos se traducen luego a cifras que los científicos del clima pueden usar para proyectar cuánto van a aumentar las temperaturas. En su informe, el IPCC tomó en consideración más de un millar de escenarios. La mayoría de estos conducían a aumentos de temperatura que cruzaban el umbral de desastre oficial de 2 °C, y algunos producían un calentamiento de más de 5 °C. Tan solo en 116 escenarios se conseguía mantener el calentamiento por debajo de 2 °C, y, de estos, 101 requerían emisiones negativas.[17] Después de París, el IPCC elaboró otro informe, basado esta vez en el umbral de 1,5 °C. Todos los escenarios que cumplían con esta meta requerían emisiones negativas.[18]

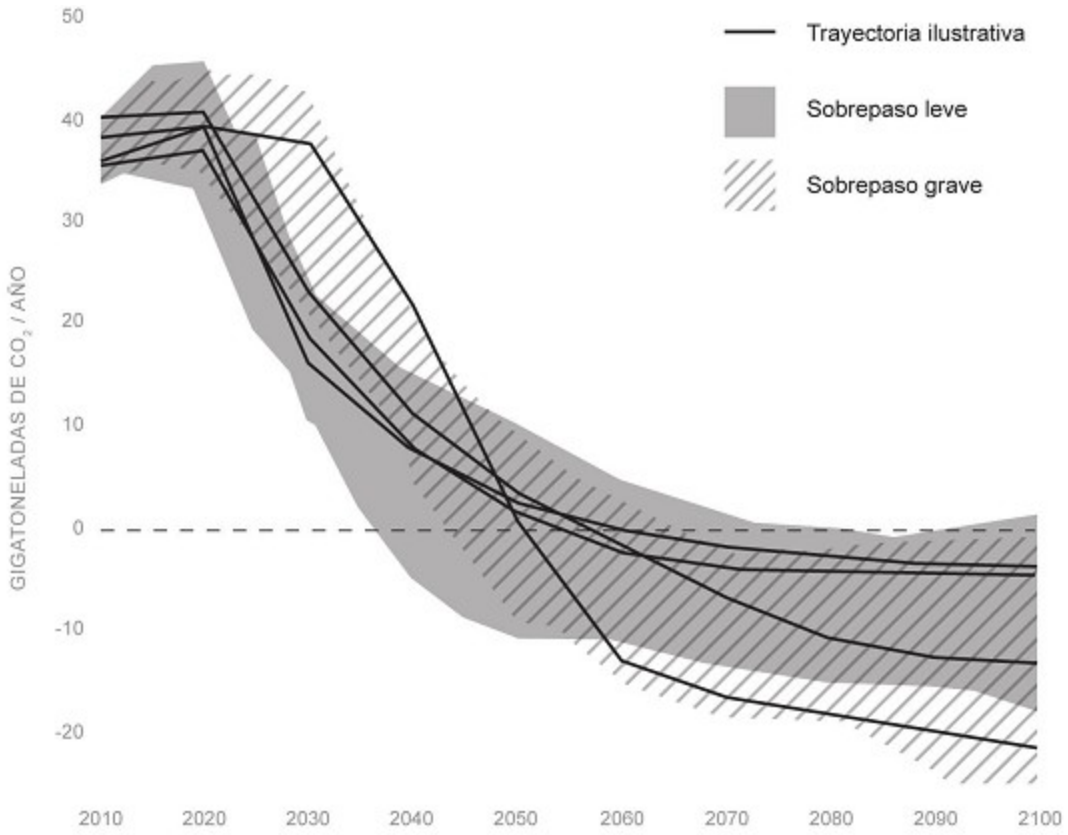
«Creo que lo que de verdad nos está diciendo el IPCC es: “Hemos probado montones de escenarios —me resume Klaus Lackner— y, de los escenarios que resultaron ser seguros, no había ni uno solo que no requiriese del toque mágico de las emisiones negativas. Si no lo hacemos así, nos daremos contra un muro de ladrillo”.»

Climeworks, la compañía a la que pagué para que enterrase mis emisiones en Islandia, fue fundada por dos amigos de la universidad, Christoph Gebald y Jan Wurzbacher. «Nos conocimos el primer día de clase —recuerda Wurzbacher—. Creo que ya la primera semana nos preguntamos el uno al otro: “Oye, ¿tú qué es lo que quieres hacer?”. Y yo contesté: “Bueno, yo quiero fundar mi propia empresa”.» Acabaron compartiendo a medias una única beca de doctorado; ambos trabajaban la mitad del tiempo en su tesis y la otra mitad en levantar la empresa.

Como Lackner, al principio tuvieron que afrontar mucho escepticismo. Les decían que lo que intentaban conseguir era una distracción. Si la gente creyera que hay algún modo de retirar dióxido de carbono de la atmósfera, lo que harían sería emitir todavía más. «La gente se enfrentaba a nosotros, nos decían: “No deberíais estar haciendo eso” —me comenta Wurzbacher —. Pero siempre fuimos tenaces.»

Wurzbacher, que media la treintena, es delgado como un junco y lleva una melena de pelo negro que le da un aspecto juvenil. Me encuentro con él en la sede central de Climeworks, en Zúrich, que además de las oficinas de la empresa, alberga también su taller de metalurgia. El lugar desprende a partes iguales la atmósfera de una empresa tecnológica emergente y de un almacén de bicicletas.

«Extraer CO_2 de una corriente de gas no es nada del otro mundo —me explica Wurzbacher—. Ni tampoco nada nuevo. La gente lleva cincuenta años sacando el CO_2 de un flujo de gas, solo que para otras aplicaciones.» En los submarinos, por ejemplo, el dióxido de carbono que exhala la tripulación tiene que retirarse del aire, pues de otro modo alcanzaría niveles peligrosos.



Cuatro de las trayectorias «ilustrativas» del IPCC coherentes con 1,5 °C. Todas las trayectorias requieren emisiones negativas y producen «sobrepaso».
MGMT. design, adaptado de *Global Warming of 1.5 °C: An IPCC Special Report*, figura 2.5.

Pero una cosa es poder extraer carbono del aire y otra muy distinta poder hacerlo a gran escala. La quema de combustibles fósiles «genera» energía. Capturar CO_2 del aire «requiere» energía. En la medida que esta energía provenga de la quema de combustibles fósiles, incrementará el carbono que se quiere capturar.

Otro de los grandes desafíos es la eliminación del residuo. Una vez capturado, el CO_2 tiene que ir a algún sitio, y ese sitio tiene que ser seguro. «Lo bueno de la roca basáltica es que es muy fácil de explicar —me comenta Wurzbacher—. Si alguien te pregunta: “Oye, pero ¿de verdad es seguro?”, la respuesta es muy simple: “A los dos años es una roca a un kilómetro bajo el suelo. Punto”.» Los almacenes subterráneos apropiados

no son raros, pero tampoco abundantes, lo que significa que, si alguna vez se construyen plantas a gran escala, tendrán que estar en lugares con la geología adecuada, o habrá que transportar el CO_2 a grandes distancias.

Por último, está la cuestión del coste. Sacar CO_2 del aire cuesta dinero. Hoy por hoy, mucho dinero. Climeworks cobra mil dólares por tonelada para convertir en piedra las emisiones de sus suscriptores. Yo gasté mi cuota de media tonelada en el vuelo a Reikiavik; el resto de mis emisiones, incluidas las del viaje de vuelta y el viaje a Suiza, se han quedado libres por el aire.[19] Wurzbacher me asegura que a medida que aumente el número de unidades de captura, el precio bajará, y predice que en una década, más o menos, podría quedarse en unos cien dólares la tonelada. Si las emisiones se gravasen con una tasa parecida, a lo mejor saldrían las cuentas: básicamente, una tonelada extraída sería una tonelada por la que no se pagan impuestos. Pero ¿quién va a pagar dinero mientras tirar carbono al aire salga gratis? Incluso a cien dólares por tonelada, enterrar miles de millones de toneladas de CO_2, que es una pequeña fracción de la producción global anual, se dispararía hasta los cien mil millones de dólares.*

«Quizá sea demasiado pronto —medita Wurzbacher cuando le pregunto si el mundo está preparado para pagar por la captura directa desde el aire—. Quizá sea el momento preciso. O quizá ya sea demasiado tarde. Quién sabe.»

Del mismo modo que hay muchas maneras de añadir CO_2 al aire, hay muchas maneras —en principio factibles— de retirarlo.

La técnica conocida como «meteorización reforzada» es una especie de versión al revés del proyecto cuya aplicación observé en la central geotérmica de Hellisheiði. En lugar de inyectar CO_2 en las rocas a gran profundidad, la idea consiste en traer la roca hasta la superficie para que entre en contacto con el CO_2. El basalto se puede extraer mediante técnicas de minería para luego triturarlo y esparcirlo por zonas agrícolas de las regiones cálidas y húmedas del mundo. La piedra triturada reaccionaría entonces con el dióxido de carbono y lo retiraría del aire. A modo de

alternativa, se ha propuesto triturar olivino, un mineral verdoso común en las rocas volcánicas, para disolverlo en los océanos. Se induciría así una mayor absorción de CO_2 por los océanos al tiempo que, como beneficio adicional, se combatiría la acidificación de los mares.

Otra familia de tecnologías de emisiones negativas se inspira en la biología. Las plantas absorben dióxido de carbono mientras crecen y cuando más tarde se descomponen, devuelven ese CO_2 a la atmósfera. Si se planta un bosque, retirará carbono hasta que alcance la madurez. Un estudio reciente realizado por investigadores suizos ha estimado que la plantación de un billón de árboles podría retirar doscientos gigatones de carbono de la atmósfera durante las próximas décadas.[20] Otros investigadores replican que esa cifra sobreestima el beneficio en un factor de diez o más.[21] Sea como fuere, concuerdan en que la capacidad de los bosques nuevos para secuestrar carbono «sigue siendo sustancial».[22]

Para resolver el problema de la descomposición se han propuesto todo tipo de técnicas de preservación. Una de ellas consiste en talar los árboles maduros y enterrarlos en fosos; en ausencia de oxígeno, se frenaría la descomposición de los árboles y, por tanto, la liberación de CO_2.[23] También se ha sugerido recoger los residuos agrícolas, por ejemplo, los rastrojos de maíz, y depositarlos en el océano profundo donde, en el ambiente frío y oscuro de los abismos, tardarían mucho en descomponerse, si es que llegan a hacerlo.[24] Por extravagantes que parezcan estas ideas, también están inspiradas en la naturaleza. Durante el período Carbonífero, quedaron anegadas y soterradas cantidades inmensas de materia vegetal que, con el tiempo, formaron carbón. Si lo hubiéramos dejado donde estaba, habría retenido su carbono casi para siempre.

La reforestación combinada con la inyección subterránea da lugar a una técnica que se ha dado en conocer con el acrónimo BECCS (del inglés Bioenergy with Carbon Capture and Storage), «bioenergía con captura y almacenamiento de dióxido de carbono». Los modelos utilizados por el IPCC ven con muy buenos ojos esta técnica, pues no solo ofrece emisiones negativas, sino también energía eléctrica, un doble beneficio que, en las cuentas del clima, resulta imbatible.

La idea que hay detrás de BECCS consiste en plantar árboles —o algún otro cultivo— para extraer carbono del aire. Después los árboles se queman para producir energía eléctrica, y el CO_2 liberado por la combustión se captura en las chimeneas y luego se entierra a gran profundidad. (El primer proyecto piloto de BECCS, que se puso en marcha en 2019, es una central eléctrica del norte de Inglaterra alimentada por pélets de madera.)

Con todas estas alternativas se plantea el mismo reto que con la captura directa del aire: la escala. Ning Zeng, catedrático de la Universidad de Maryland y autor del concepto de «recolección y almacenamiento de madera», ha calculado que para secuestrar cinco gigatoneladas de carbono al año harían falta diez millones de fosos para enterrar los árboles, cada uno del tamaño de una piscina olímpica. «Si suponemos que para excavar el foso se necesita un equipo de diez personas (y maquinaria pesada) durante una semana —ha escrito—, harían falta doscientos mil equipos humanos (dos millones de trabajadores) y sendos equipos de maquinaria.»[25]

De acuerdo con un estudio reciente de un grupo de científicos alemanes, para retirar una gigatonelada de CO_2 mediante «meteorización reforzada» sería necesario extraer, triturar y transportar unas tres gigatoneladas de basalto. «Aunque eso es una cantidad de roca muy grande» para extraerla, triturarla y transportarla, los autores hacen notar que es menos que la producción mundial de carbón, que se sitúa en torno a ocho gigatoneladas al año.[26]

Para el proyecto del billón de árboles harían falta del orden de nueve millones de kilómetros cuadrados de nuevo bosque. Esa es una extensión parecida a la superficie entera de Estados Unidos, Alaska incluida. Si se retirase de la producción una superficie como esta de tierras cultivables, millones de personas se verían condenadas a pasar hambre. Tal como lo ha expresado hace poco Olúfẹmi O. Táíwò, un catedrático de Georgetown, corremos el peligro de «dar dos pasos atrás en justicia por cada paso adelante en gigatoneladas».[27] Pero no está claro que usar tierras no cultivables sea una solución más segura. Los árboles son oscuros, de modo que si, por ejemplo, convirtiésemos la tundra en bosque, aumentaríamos la cantidad de energía absorbida por el planeta y contribuiríamos a agravar el calentamiento global, en contra de lo que pretendíamos. Tal vez se pudiera

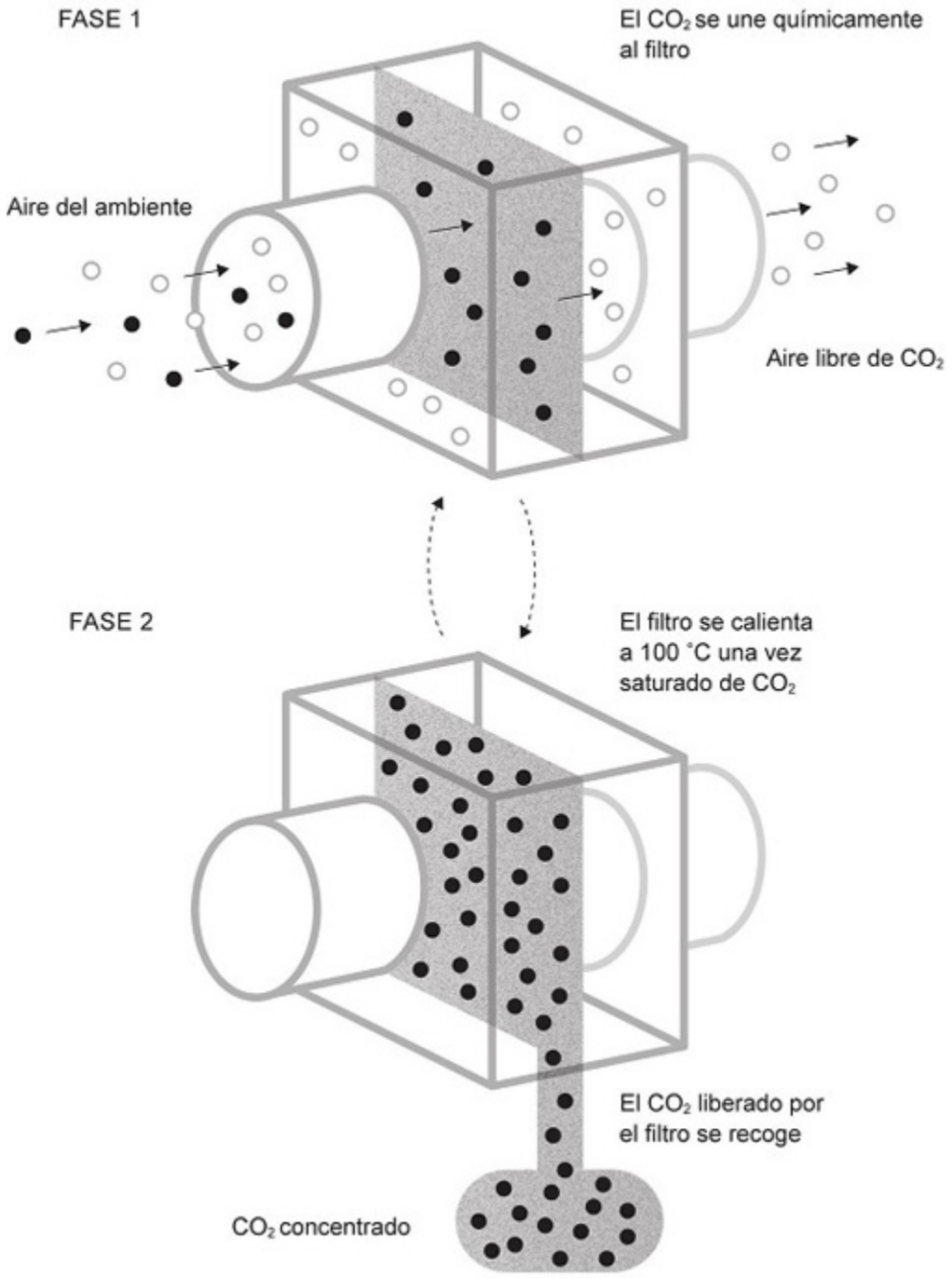
eludir el problema usando CRISPR para conseguir árboles modificados genéticamente que tuvieran un color más claro. Nadie lo ha propuesto todavía, que yo sepa, pero igual es solo cuestión de tiempo.

Un par de años antes de que Climeworks lanzase su «pionero» programa en Islandia, la empresa abrió su primera implementación de captura directa del aire en una incineradora de residuos sólidos de Suiza. «Climeworks hace historia», declaró entonces la compañía.

Una tarde, durante mi estancia en Zúrich, me acerco a visitar esa instalación «que hizo historia» con la gestora de comunicaciones de Climeworks, Louise Charles. Tomamos un tren y luego un autobús hasta la población de Hinwil, a unos treinta kilómetros al sudeste de la ciudad. Mientras ascendemos por la carretera que conduce a la incineradora, que es un edificio con forma de caja enorme con una chimenea adornada con franjas de color, como una golosina, vemos llegar un camión lleno de basura. En el recibidor, nos paramos a admirar una serie de obras de arte hechas con basura. Hay varios hombres sentados frente a monitores de vídeo que muestran más basura. Firmamos en el registro de visitas y tomamos un ascensor de servicio hasta la planta superior.

En la terraza de la incineradora hay dieciocho unidades de captura como las de la planta de Hellisheiði. Están dispuestas en tres filas colocadas una encima de la otra, como si fueran bloques de un juego de niños. Una placa informativa de metal, pensada para grupos de visitas escolares, explica su funcionamiento con la ayuda de dibujos. Estos muestran cómo un camión de basura llega a la incineradora, dibujada con llamas que salen de su interior. Una tubería, con la etiqueta CALOR RESIDUAL, conecta las llamas con las pilas de unidades de captura. (El uso del calor residual de la incineradora permite a Climeworks eludir la trampa de que para reducir emisiones haya que producirlas.) Una segunda tubería, con la etiqueta CO_2 CONCENTRADO, parte de las unidades y llega a un invernadero lleno de verduras suspendidas en su interior.

Desde la terraza veo a lo lejos el invernadero de verdad adonde se dirige el CO_2. Charles había preparado también una visita hasta allí, pero hace poco la han operado de la rodilla y camina con dificultad, de modo que voy sola. En la entrada me recibe Paul Ruser, el encargado del complejo. Sin la ayuda de Charles para traducir, tenemos que arreglárnoslas chapurreando una mezcla de inglés y alemán.



El sistema de remoción de dióxido de carbono de Climeworks usa un proceso en dos pasos. MGMT. design

Ruser me dice —o entiendo que me dice— que los invernaderos cubren una superficie de cuatro hectáreas y media: todo un campo de cultivo bajo cristal. Si fuera hace falta un jersey, dentro parece verano. Los abejorros,

que han llegado hasta aquí en unas cajas, zumban de un lado a otro torpemente. Desde unos bloques de suelo fértil trepan por las guías tallos de pepino que se alzan hasta más de tres metros de altura. Acaban de recolectar los frutos, de una variedad enana que los suizos llaman *Snack-Gurken*, y los veo apilados en altas cajas. Ruser señala un tubo de plástico negro que corre por el suelo y me explica que por él llega el CO_2 desde las unidades de Climeworks.

«Todas las plantas necesitan CO_2 —prosigue—. Si se les da más, crecen más fuertes.» En particular las berenjenas, según me dice, crecen muy bien cuando tienen mucho dióxido de carbono; si fuera por ellas, subiría la concentración hasta mil partes por millón, más del doble que el aire de afuera. Pero tiene que andarse con tiento, porque paga a Climeworks por el CO_2 que añade, y cada molécula cuenta: «Tengo que buscar el nivel que resulte más rentable».

La remoción de dióxido de carbono podría llegar a ser esencial, y ya se incluye en los cálculos del IPCC, pero en las condiciones actuales no salen las cuentas. ¿Cómo se puede generar una industria de cien mil millones de dólares para un producto que nadie quiere comprar? La solución de las berenjenas y los *Snack-Gurken* tiene un poco de trampa. Al vender el CO_2 a los invernaderos, Climeworks se asegura unos ingresos que cubren los gastos de las unidades de captura. El problema es que el carbono capturado solo está retenido por un breve período, pues quien haga el aperitivo con los *Snack-Gurken* acabará liberando de nuevo el CO_2 que se capturó al producirlos.

De otros pequeños bloques de suelo salen unas plantas de tomates *cherry* que se elevan en espiral hasta el techo. A dos días de cosecharlos, están perfectos, al menos al estilo en que lo están los tomates de invernadero. Ruser coge un par y me los ofrece. La incineración de basura, las hectáreas de cristal, las cajas de abejorros, las verduras cultivadas con productos químicos y CO_2 capturado, ¿es todo eso estupendo o demencial? Pienso en ello por un momento, luego me llevo los tomates a la boca.

2

El índice de explosividad volcánica (IEV) se desarrolló en la década de 1980 a imagen y semejanza de la escala Richter. Toma valores que van desde cero, para una erupción que no pase de eructo, hasta ocho para una «megacolosal», del tipo de las catástrofes que marcan época. Igual que su pariente más conocido, el IEV sigue una escala logarítmica, de modo que, por ejemplo, una erupción es de magnitud cuatro si expulsa más de cien millones de metros cúbicos de materiales y de magnitud cinco si produce más de mil millones. A lo largo de la historia se han registrado tan solo un puñado de erupciones de magnitud siete (cien mil millones de metros cúbicos) y ninguna de magnitud ocho. Entre las de siete, la más reciente y, por ello, la mejor documentada, es la erupción del monte Tambora, en la isla indonesia de Sumbawa.

Tambora disparó sus primeras salvas de advertencia la tarde del 5 de abril de 1815. Quienes vivían por allí dijeron haber oído fuertes estallidos, que atribuyeron a cañonazos. Cinco días más tarde, de la montaña emergió una columna de humo y lava que alcanzó una altura de cuarenta kilómetros.[28] Diez mil personas murieron casi al momento, reducidas a cenizas por las nubes de roca fundida y el vapor abrasador que descendió a gran velocidad por las laderas.[29] Un superviviente dijo ver «una masa de fuego líquido que se expandía en todas las direcciones».[30] Fue tal la cantidad de polvo que se lanzó a la atmósfera que, como se suele decir, el día se convirtió en noche. Según el capitán de un navío británico anclado a 250 millas al norte del Tambora, «era imposible verse la mano ante los ojos».[31] Los cultivos de Sumbawa y de la cercana isla de Lombok quedaron sepultados bajo las cenizas, condenando a la inanición a miles de personas más.

La erupción del monte Tambora dejó un enorme cráter.
© Iwan Setiyawan/AP Photo/KOMPAS Images

Estas muertes fueron solo el principio. Junto con la ceniza, el Tambora emitió más de cien millones de toneladas de gas y partículas finas que permanecieron suspendidas en la atmósfera durante años, esparciéndose por todo el mundo empujadas por los vientos estratosféricos.[32] La bruma en sí no era visible; sus efectos, todo lo contrario. En Europa, los atardeceres refulgieron con inquietantes tonalidades azuladas y rojizas, un efecto que quedó descrito en diarios personales y en las obras de pintores como Caspar David Friedrich y J. M. W. Turner.

También en Europa, el tiempo se tornó gris y frío. En lo que probablemente sea la más célebre vacación estival compartida, Lord Byron alquiló una villa en el lago Ginebra en junio de 1816 junto con Percy y Mary Shelley. Confinados en el interior por la incesante lluvia de aquel verano, decidieron escribir cuentos de fantasmas, el ejercicio del que nació *Frankenstein*. Aquel mismo verano, Byron compuso su poema «Oscuridad», una estrofa del cual dice así:

> *La mañana vino y se fue, y vino y no trajo ningún día,*
> *y los hombres olvidaron sus pasiones en el pavor*
> *de esta su desolación; y todos los corazones*
> *se helaron en una egoísta plegaria por la luz.*

El tiempo inclemente provocó el fracaso de las cosechas desde Irlanda hasta Italia. En sus viajes por Renania, el táctico militar Carl von Clausewitz vio «figuras miserables, sin apenas semblanza con los hombres, que vagaban por los campos» en busca de cualquier cosa comestible entre las «patatas medio podridas».[33] En Suiza, multitudes hambrientas asaltaron panaderías; en Inglaterra los manifestantes, convocados bajo el lema PAN O SANGRE, se enfrentaron a la policía.[34]

No se sabe con certeza cuántos perecieron en la hambruna; según algunas estimaciones, debieron ser millones.[35] El hambre empujó a muchos europeos a emigrar a Estados Unidos, pero la situación al otro lado del Atlántico no resultó ser mucho mejor. En Nueva Inglaterra, 1816 llegó a conocerse como el «año sin verano» o «mil ochocientos y muerte por congelación». A mediados de junio hacía tanto frío en el centro de Vermont que de los aleros de los tejados pendían carámbanos de más de un palmo apenas derretidos. «El propio rostro de la naturaleza —opinaba el *Vermont Mirror*— lleva el semblante de la muerte.»[36] El 8 de julio se produjeron heladas incluso en Richmond, en Virginia.[37] Chester Dewey, un profesor del Williams College, en Williamstown (Massachusetts), donde yo misma solía vivir, registró una helada el 22 de agosto que acabó con la cosecha de pepinos. El 29 de agosto, una helada aún más severa destruyó casi todo el maíz.[38]

«Lo que un volcán mete en la atmósfera es dióxido de azufre —explica Frank Keutsch—. Este se oxida formando ácido sulfúrico en cuestión de semanas. El ácido sulfúrico —continúa—, es una molécula muy pegajosa, y enseguida forma materia particulada, gotitas diminutas de ácido sulfúrico, por lo general de menos de un micrón. Estos aerosoles se mantienen suspendidos en la estratosfera hasta varios años, y dispersan la luz del sol de vuelta al espacio.» El resultado son temperaturas más bajas, puestas de sol fantásticas y, a veces, hambrunas.

Keutsch es un hombre fornido, con el cabello negro y lacio y un cadencioso acento germánico —creció cerca del Stuttgart—. Voy a visitarlo un precioso día de finales de invierno a su despacho de Cambridge, que está

decorado con fotografías de sus hijos o hechas por ellos. Químico de formación, Keutsch es uno de los principales científicos del Programa de Investigación en Geoingeniería Solar de Harvard, que está financiado, en parte, por Bill Gates.

La premisa de la geoingeniería solar —o, en expresión menos trabajosa, la «gestión de la radiación solar»— es que si los volcanes pueden enfriar el planeta, también podemos hacerlo nosotros. Si esparcimos por la estratosfera una cantidad ingente de partículas reflectivas, llegará menos luz al planeta, las temperaturas dejarán de subir —o por lo menos no subirán tanto— y esquivaremos el desastre.

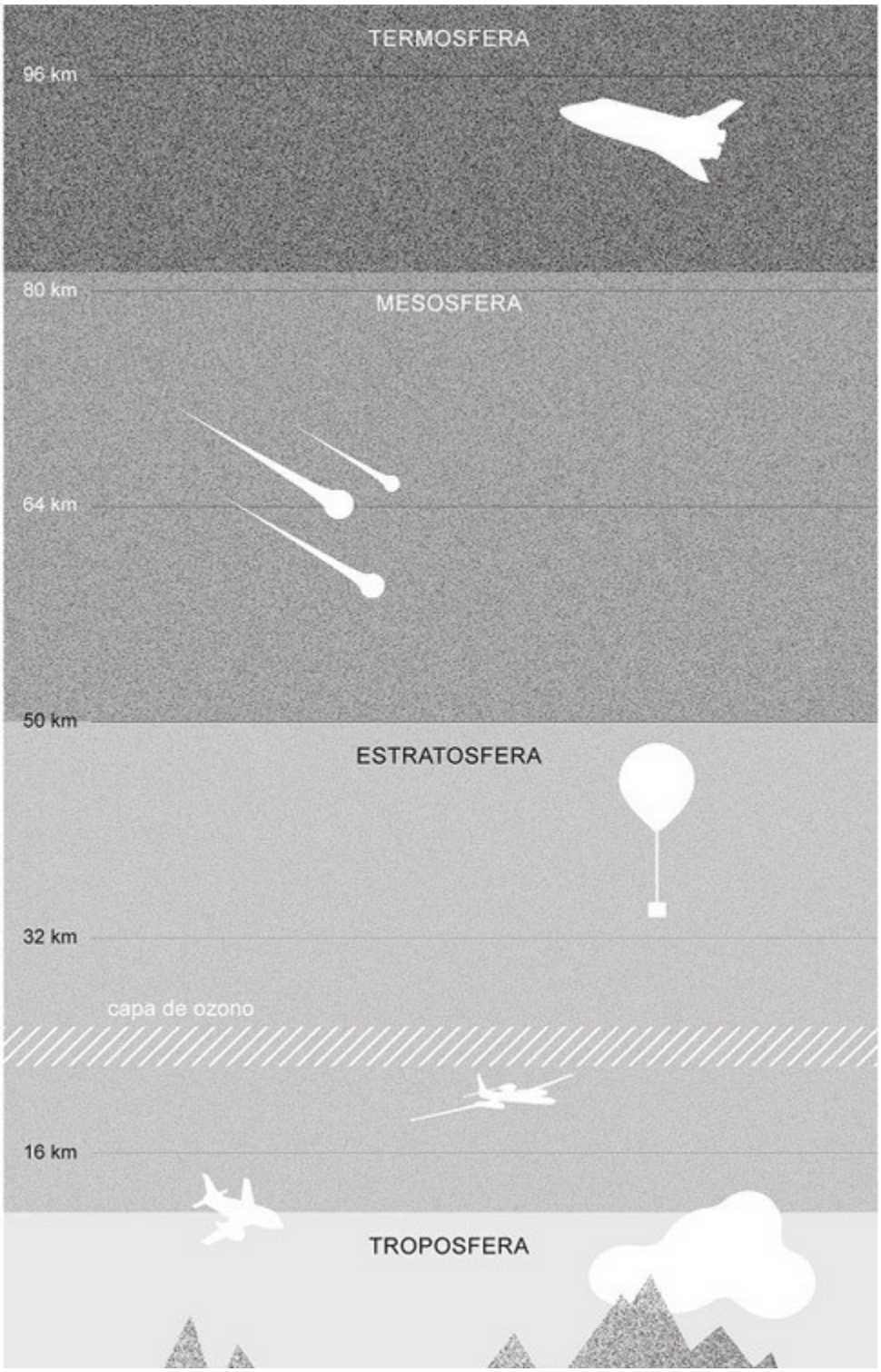
Incluso en una era de ríos electrificados y roedores rediseñados, la geoingeniería solar resulta extraña. Se ha descrito como «increíblemente peligrosa»,[39] «autopista hacia el infierno»,[40] «inimaginablemente drástica»,[41] pero también como «inevitable».[42]

«Pensé que la idea era demencial y muy desconcertante», me dice Keutsch, y añade que fue el miedo lo que le hizo cambiar de opinión.

«Lo que me preocupa es que en diez o quince años la gente empiece a salir a las calles para exigir a quienes toman las decisiones: "Tenéis que actuar ¡y ya!" —prosigue—. Pero sobre este problema integrado del CO_2 no es fácil actuar con rapidez. Si en algún momento la gente pide que se haga algo enseguida, me temo que no tendremos a mano más herramientas que las de la geoingeniería estratosférica. Y si esperamos a ese momento para investigarla, me temo que ya será demasiado tarde, porque con la geoingeniería estratosférica interferimos con un sistema muy complejo. Debo añadir que algunas personas no están de acuerdo con esto.»

«Cuando empecé a trabajar en estas cuestiones no me preocupaba tanto, lo cual quizá sea extraño —comenta minutos más tarde—. Y es porque la aplicación de la geoingeniería me parecía algo bastante remoto. Pero con el paso de los años, y a la vista de que no actuamos sobre el clima, a veces pienso con algo de ansiedad que esto realmente puede ocurrir. Y entonces siento mucha presión.»

La estratosfera puede verse como el segundo piso de la Tierra. Se sitúa por encima de la troposfera, que es donde flotan las nubes, soplan los alisios y arrecian los huracanes, y por debajo de la mesosfera, que es donde se vaporizan los meteoritos. La altura de la estratosfera varía en función del lugar y de la estación; en términos generales, en el ecuador, el límite inferior de la estratosfera se sitúa a unos dieciocho kilómetros de la superficie de la Tierra, pero en los polos está mucho más cerca de nosotros, a solo diez kilómetros. Desde la perspectiva de la geoingeniería, lo fundamental de la estratosfera es que es estable, mucho más que la troposfera, y al mismo tiempo es razonablemente accesible. Los aviones comerciales a menudo vuelan por la estratosfera inferior para evitar turbulencias, y los aviones espía ascienden hasta la estratosfera media para eludir los misiles tierra-aire. Los materiales que se inyectan en la estratosfera en los trópicos tienden a ser arrastrados hacia los polos, donde acaban volviendo a la tierra.


TERMOSFERA
96 km
80 km
MESOSFERA
64 km
50 km
ESTRATOSFERA
32 km
capa de ozono
16 km
TROPOSFERA

MGMT. Design

Dado que el objetivo de la geoingeniería es reducir la cantidad de energía que alcanza la superficie del planeta, en principio serviría cualquier tipo de partícula reflectante. «Posiblemente el mejor material sería el diamante —dice Keutsch—. Los diamantes no absorberían nada de energía, y eso minimizaría los cambios en la dinámica de la estratosfera. Además, es un material no reactivo. La idea de que eso es caro no me preocupa. Si tuviéramos que plantear una actuación a gran escala porque resuelve un enorme problema, encontraríamos la manera de hacerlo.» Disparar minúsculos diamantes a la estratosfera se me antoja algo mágico, como echar polvos mágicos sobre el mundo.

«Sin embargo, hay que tener en cuenta que todo ese material acaba cayendo —prosigue Keutsch—. ¿Significa eso que la gente acabaría inhalando pequeñas partículas de diamante? Es probable que la cantidad fuese tan pequeña que no supusiese un problema. Pero, de algún modo, no me acaba de gustar la idea.»

Otra opción es seguir el ejemplo de los volcanes y rociar con dióxido de azufre. Pero eso también presenta inconvenientes. Cargar la atmósfera de dióxido de azufre produciría lluvia ácida. Y, lo que es más importante, dañaría la capa de ozono. Cuando en 1991 entró en erupción el monte Pinatubo, en Filipinas, se produjo un breve descenso de las temperaturas globales, de aproximadamente 0,5 °C.[43] En los trópicos, los niveles de ozono de la estratosfera inferior cayeron en un tercio.[44]

«Aunque quizá no sea la mejor forma de decirlo, es el demonio que conocemos», concluye Keutsch.

De todas las sustancias que se podrían utilizar, Keutsch se muestra especialmente entusiasmado con el carbonato de calcio. En una u otra forma, el carbonato de calcio aparece por todos lados, en los arrecifes de coral, en los poros de basalto y en los sedimentos del fondo de los océanos. Es el principal componente de la piedra caliza, que es una de las rocas sedimentarias más abundantes del mundo.

«Hay cantidades inmensas de polvo calcáreo dando vueltas por la troposfera, donde vivimos —observa Keutsch—. Eso lo convierte en un material atractivo. Tiene propiedades ópticas casi ideales —añade—. Y se

disuelve en ácido. Así que podemos decir con certeza que no tendrá el mismo efecto de reducción del ozono que tiene el ácido sulfúrico.»

Los modelos matemáticos confirman las ventajas del mineral, me dice Keutsch. Pero mientras no se disperse carbonato de calcio por la estratosfera, es difícil saber hasta qué punto podemos fiarnos de los modelos. «No hay otro modo», concluye.

El primer informe gubernamental sobre el calentamiento climático —aunque el fenómeno todavía no se conocía como «calentamiento global»— fue entregado al presidente Lyndon Johnson en 1965. «Sin quererlo, el hombre está realizando un ingente experimento geofísico», afirmaba. El resultado de la quema de combustibles fósiles iba a traer, casi con certeza, «cambios notables en la temperatura» que, a su vez, provocarían otros cambios.[45]

«La fusión del casquete polar de la Antártida podría elevar el nivel del mar en unos 120 metros», advertía el informe. Aunque el proceso tardase un centenar de años en completarse, los océanos «subirían alrededor de 1,2 metros cada diez años», es decir, «doce metros por siglo».[46]

Durante la década de 1960, las emisiones de carbono crecían con rapidez, del orden del 5 % anual. Sin embargo, el informe no hace mención alguna a invertir o siquiera intentar frenar ese crecimiento. En su lugar, aconsejaba que «se exploren a fondo… las posibilidades de promover cambios climáticos compensatorios». Una de esas posibilidades era «esparcir diminutas partículas reflectantes sobre grandes extensiones de los océanos».

«Las primeras estimaciones indican que se podrían producir partículas suficientes para cubrir una milla cuadrada por apenas un centenar de dólares —afirmaba el informe—. De este modo, se podría conseguir un cambio del 1 % en la reflectividad por unos quinientos millones de dólares al año», aproximadamente cuatro mil millones de dólares actuales. Considerando «la extraordinaria importancia económica y humana del clima, costes de esta magnitud no parecen excesivos», concluía el informe.[47]

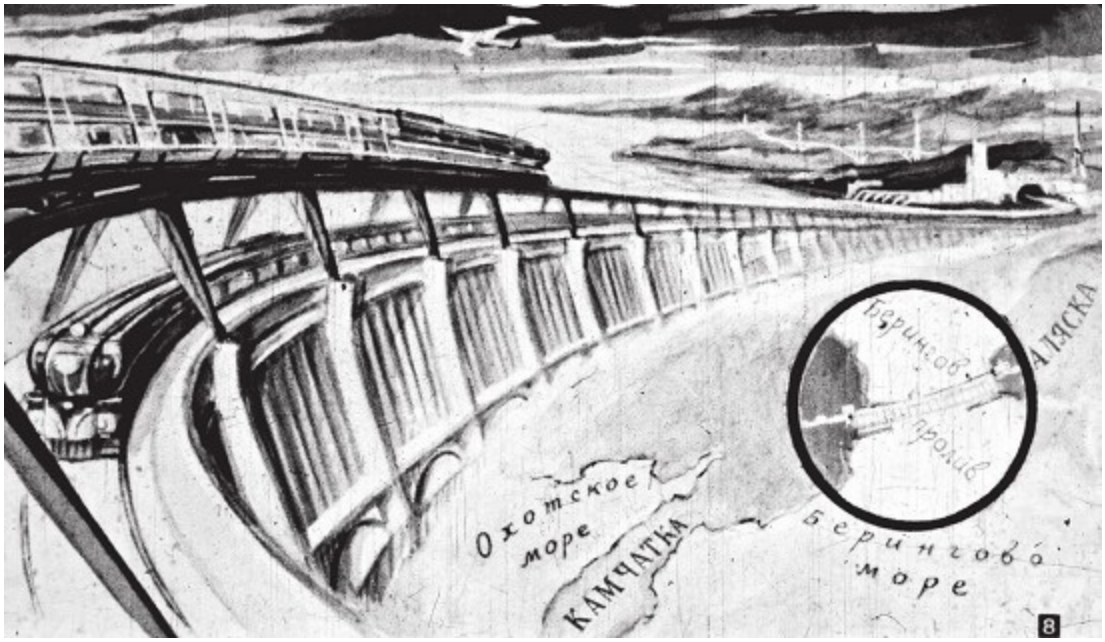
Ninguno de los autores del informe sigue vivo, de modo que es imposible saber por qué el comité dio el salto al proyecto multimillonario de esparcir partículas reflectantes. Quizá fuese el espíritu de los tiempos. En la década de 1960, las proposiciones sobre el control del clima y de la meteorología estaban en boga, tanto en Estados Unidos como en la Unión Soviética. El Proyecto Stormfury, una colaboración entre la armada estadounidense y la Agencia de Meteorología, centraba sus objetivos en los huracanes. Estos, según se creía, se podrían debilitar enviando aviones a sembrar con yoduro de plata las nubes que forman la pared alrededor del ojo.[48] La Operación Popeye, un proyecto secreto de modificación del tiempo que llevó a cabo la fuerza aérea de Estados Unidos durante la guerra de Vietnam, pretendía incrementar la precipitación sobre la ruta Ho Chi Minh, también mediante la siembra de nubes con yoduro de plata. El 54 Escuadrón de Reconocimiento Meteorológico realizó la asombrosa cifra de veintiséis mil salidas antes de que *The Washington Post* hiciera público el proyecto y este se cancelase.[49] (Un programa relacionado, la Operación Comando Lava, consistía en lanzar sobre la ruta una mezcla de sustancias químicas con el objetivo de desestabilizar el suelo.) Otros planes de modificación del clima a cuenta del gobierno estadounidense pretendían reducir el número de rayos y suprimir el granizo.[50]

Los proyectos soviéticos eran, dependiendo de la perspectiva que se adopte, todavía más miopes o disparatados. En un libro titulado *¿Puede el hombre modificar el clima?*, un ingeniero llamado Petr Borisov sugería fundir el casquete polar del Ártico con la ayuda de una presa que cruzase el estrecho de Bering. La idea era bombear de algún modo cientos de kilómetros cúbicos de agua del océano Ártico hasta el mar de Bering, forzando así la entrada de agua más cálida desde el Atlántico Norte; de este modo, según los cálculos de Borisov, se conseguirían inviernos más suaves no solo en las regiones polares, sino también en latitudes medias.

«Más que una “guerra fría”, lo que la humanidad necesita es una guerra contra el frío», declaró Borisov.[51]

Otro científico soviético, Mijaíl Gorodsky, recomendó crear una banda de partículas de potasio que, a modo de arandela, diese la vuelta a la Tierra, un poco como los anillos de Saturno. Esta banda estaría posicionada de tal

modo que reflejaría la luz del sol en verano. Gorodsky creía que se conseguirían así inviernos más suaves en las latitudes más septentrionales y que ayudaría a fundir el permafrost en todo el mundo, algo que le parecía deseable.[52] *El hombre contra el clima*, una exposición de estas y otras propuestas soviéticas que publicó en traducción inglesa una editorial vinculada a Moscú llamada Peace Publishers, acababa con la siguiente declaración:



Una ilustración del proyecto de presa a través del estrecho de Bering.
Por gentileza de soviet-art.ru

> Cada año se propondrán nuevos proyectos para transformar la naturaleza. Y serán más grandiosos y emocionantes, pues la imaginación humana, como el conocimiento humano, no conoce fronteras.[53]

En la década de 1970, la ingeniería del clima cayó en descrédito. No es fácil entender exactamente por qué. Es probable que la preocupación entre la población por el medio ambiente tuviera algo que ver con ello, pero también el consenso cada vez más sólido en la comunidad científica de que la siembra de nubes era un fracaso.[54] Al mismo tiempo, iban apareciendo cada vez más informes, tanto en inglés como en ruso, que advertían de que los humanos ya estaban alterando el clima, y a una escala masiva.

En 1974, Mijaíl Budyko, un destacado científico del Observatorio Científico de Leningrado, publicó un libro titulado *Cambios climáticos*. Budyko exponía los peligros que planteaba el aumento de los niveles de CO_2, pero sostenía que su ascenso continuado era inevitable: el único modo de controlar las emisiones era reduciendo el uso de combustibles fósiles, y no era probable que ninguna nación fuera a hacerlo.

Siguiendo esta lógica, Budyko llegaba a la idea de los «volcanes artificiales». Se podía inyectar dióxido de azufre en la estratosfera con aviones o «cohetes y misiles de varios tipos».[55] Budyko no pretendía mejorar la naturaleza al estilo del Proyecto Stormfury o de la presa del estrecho de Bering. Al contrario, pensaba más bien de forma más revanchista, como en el adagio de *El gatopardo*: «Si queremos que todo siga igual, es preciso que todo cambie».

«En un futuro cercano, para mantener las condiciones climáticas actuales será necesario modificar el clima», escribió Budyko.[56]

David Keith, un catedrático de Física aplicada de Harvard, ha sido descrito como «quizá el más destacado defensor de la geoingeniería»,[57] una caracterización que lo irrita. «Soy un defensor de la realidad», escribió en 2015 en una carta al editor de *The New york Times*.[58] Keith fundó el Programa de Investigación en Geoingeniería Solar en 2017, y con frecuencia le llegan mensajes de odio. En dos ocasiones ha recibido amenazas de muerte lo bastante preocupantes como para informar de ellas a la policía. Su oficina se encuentra cerca de la de Keutsch, en un edificio conocido como the Link (el Enlace).

«La geoingeniería solar no es algo que se pueda estudiar en abstracto —me dice cuando me acerco a conversar con él pocos días después de visitar a Keutsch—. Depende de elecciones humanas cómo la usamos. Así que cuando alguien afirma que la geoingeniería solar pondrá en peligro a millones de personas o salvará el mundo o lo que sea, siempre hay que preguntarse: "¿Qué geoingeniería solar? ¿Cómo se aplica?".»

Keith es alto y anguloso, y gasta una barba que recuerda a la de Lincoln. Ávido montañista, se describe como «trasteador», «tecnófilo» y «ambientalista excéntrico».[59] Creció en Canadá y durante más o menos una década enseñó en la Universidad de Calgary. Mientras trabajaba allí, fundó una empresa, Carbon Engineering, que compite con Climeworks en la captura directa de CO_2 del aire. (Carbon Engineering tiene una planta piloto en la Columbia Británica que visité en una ocasión; tiene unas vistas espectaculares sobre el monte Garibaldi, un volcán inactivo que se eleva por encima de los 2.700 metros.) En la actualidad, divide su tiempo entre Cambridge (Massachusetts) y Canmore, una población de las Rocosas canadienses.

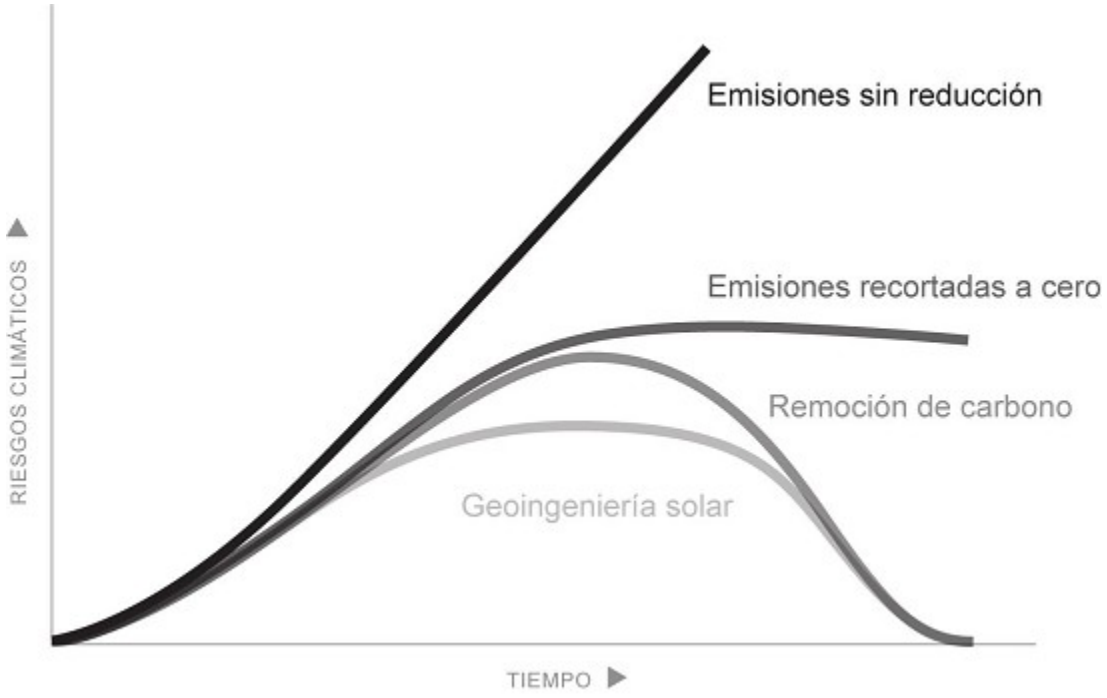
Keith cree que el mundo acabará reduciendo sus emisiones de carbono, si no hasta cero, cerca de cero. También cree que las tecnologías de remoción de dióxido de carbono se podrán aplicar a la escala necesaria para eliminar el resto. Pero todo eso posiblemente no baste. Durante el período de «sobrepaso» mucha gente sufrirá y se podrían producir cambios que, a todos los efectos, serían irreversibles, como la pérdida del arrecife de la Gran Barrera.

La mejor manera de afrontarlo, según dice, es hacerlo todo: reducir emisiones, trabajar en la remoción de dióxido de carbono del aire, pero también evaluar con mucha más seriedad la geoingeniería. A partir de modelos de ordenador, propone que la manera más segura de ejecutarla sería esparciendo una cantidad de aerosoles suficiente para reducir el calentamiento a la mitad, más que para contrarrestarlo del todo, algo que podríamos describir como «semiingeniería».

«Aun si no intentamos retornar las temperaturas a los niveles preindustriales, lo que nos dice la práctica totalidad de los modelos climáticos es que la mayoría de los riesgos climáticos que todos conocemos, como las precipitaciones extremas, las temperaturas extremas, los cambios en la disponibilidad de agua y el aumento del nivel del mar, se reducirían», me dice. Y añade que eso es cierto «básicamente en todos los lugares, en el sentido de que no hay ninguna región que destaque porque salga peor parada. Me parece que es un resultado realmente asombroso».

Le pregunto acerca de lo que a veces se conoce como el problema del «riesgo moral». Si la gente cree que la geoingeniería podrá evitar los peores efectos del cambio climático, ¿no se sentirán menos motivados para reducir emisiones? Reconoce que eso es preocupante. Pero dice que también podría ocurrir lo contrario, «abrir el abanico de opciones» podría inspirar una acción mayor.

«Apartarse de esa forma de monomanía que dice: "Lo único que podemos hacer es recortar las emisiones", o de la versión más concisa, que dice: "Lo único que podemos hacer es usar renovables", creo que seguramente conseguiría un apoyo político más amplio para afrontar el problema. La gente estaría más dispuesta a destinar grandes fondos a recortar emisiones como parte de un proyecto que, en conjunto, no pretenda solo contener los daños, sino hacer un mundo mejor.»



La geoingeniería solar podría usarse para recortar los riesgos derivados del cambio climático.
MGMT. design, adaptado de David Keith

Le sugiero que los humanos no tenemos un historial muy bueno con relación al tipo de intervención que propone. Aunque la importación de anfibios venenosos apenas puede compararse con las acciones para

bloquear el sol, le cito el ejemplo de los sapos de caña.

Keith sugiere que le estoy revelando mis propios sesgos: «A quienes dicen que la mayoría de nuestras soluciones tecnológicas acaban mal, yo les digo: "Vale, ¿ha ido mal la agricultura?". Es evidente que la agricultura tuvo todo tipo de resultados inesperados. La gente piensa en todos los ejemplos malos de modificaciones ambientales —prosigue—. Pero se olvidan de todas las que más o menos funcionan. Hay una mala hierba, el tamarisco, originaria de Egipto, que se ha propagado por todo el desierto del sudoeste y ha resultado ser muy destructiva. Tras varios intentos, se ha importado un bicho que se come el tamarisco, y al parecer está funcionando... —Tras una breve pausa añade—: Que quede claro que no estoy diciendo que la mayoría de las modificaciones salgan bien. Lo que digo es que se trata de un conjunto amplio e indefinido.»

La geoingeniería no es algo que se pueda hacer en la propia cocina con un kit enviado por correo. Aun así, dentro de los proyectos de alteración del mundo, parece ser sorprendentemente fácil. Es probable que el mejor método para esparcir los aerosoles sea con aviones. La nave debería ser capaz de alcanzar una altitud de unos dieciocho mil metros y de llevar una carga de unas veinte toneladas. Los investigadores que han examinado la configuración de estos aviones, a los que se conoce como SAIL («vela»), el acrónomo de Stratospheric Aerosol Injection Lofter, «Nave Estratosférica de Inyección de Aerosoles», llegaron a la conclusión de que los costes de desarrollo se irían a unos 2.500 millones de dólares.[60] Eso puede parecer mucho dinero, pero es solo una décima parte de lo que Airbus gastó en el desarrollo de su «superjumbo» A380, un avión que se dejó de producir al cabo de tan solo doce años. Desplegar una flota de estas naves costaría otros veinte mil millones de dólares por década. Tampoco es moco de pavo, pero hoy en día el mundo gasta más de trescientas veces esa cantidad en subsidios a los combustibles fósiles.[61]

«Docenas de países poseen el conocimiento y el dinero para poner en marcha un programa así», observan los investigadores Wake Smith, que es profesor en Yale, y Gernot Wagner, catedrático en la Universidad de Nueva

York.[62]

La geoingeniería solar no solo sería barata, en términos relativos, sino que además sería rápida. El enfriamiento comenzaría prácticamente en el momento en que la flota de SAIL iniciase la operación. (Un año después de la explosión del Tambora, en Nueva Inglaterra las heladas mataron los pepinos.) Como me había dicho Keutsch, es la única manera de «hacer algo deprisa» sobre el cambio climático.

Pero si una flota de SAIL suena a solución rápida y apañada es, sobre todo, porque no es una solución. Ataca los síntomas del calentamiento, no su causa. Por esta razón, la geoingeniería se ha comparado con el tratamiento de la adicción a la heroína con metadona, aunque tal vez sería más apropiado compararla con el tratamiento con anfetaminas. El resultado final son dos adicciones en lugar de una.

Como las partículas de calcita o sulfato (o diamante) esparcidas por la estratosfera acabarían cayendo al cabo de un par de años, haría falta mantener un suministro constante. Si la flota de SAIL volase durante dos décadas y luego, por la razón que sea —una guerra, una pandemia o resultados decepcionantes— se parase, el efecto sería como abrir la puerta de un horno del tamaño del planeta. Todo el calentamiento que se hubiera enmascarado se manifestaría de golpe con un aumento rápido y drástico de la temperatura, un fenómeno que se ha dado en conocer como «choque de terminación».

Mientras tanto, para sostener el ritmo del calentamiento, la flota de SAIL tendría que esparcir cargas cada vez mayores. (En términos de «volcanes artificiales», sería el equivalente a simular erupciones cada vez más violentas.) Smith y Wagner basan sus cálculos en el tipo de protocolo que Keith ha propuesto, que reduciría a la mitad la tasa de calentamiento en el futuro. Estiman que habría que esparcir unas cien mil toneladas de azufre durante el primer año del programa. En el décimo año, la cifra ascendería a más de un millón de toneladas. Durante ese período, habría que aumentar de manera proporcional el número de vuelos, de cuatro mil al año a más de cuarenta mil.[63] (Para más inri, cada vuelo generaría más toneladas de dióxido de carbono, que provocaría mayor calentamiento y, por tanto, la necesidad de más vuelos.)

Cuantas más partículas se inyectasen en la estratosfera, mayor sería la probabilidad de causar efectos secundarios extraños. Los investigadores que han examinado el uso de la geoingeniería solar para eludir niveles de dióxido de carbono de quinientas partes por millón —que podrían alcanzarse fácilmente a finales de este mismo siglo—, han llegado a la conclusión de que la apariencia del cielo quedaría alterada. El blanco sería el nuevo azul. Según estos investigadores, el efecto provocaría que «el cielo de áreas prístinas adquiriese el mismo aspecto que el cielo de las áreas urbanas». Otro resultado que prevén, este más feliz, serían unas gloriosas puestas de sol «parecidas a las que se pueden ver después de una gran erupción volcánica».[64]

Alan Robock es científico del clima en la Universidad Rutgers y uno de los líderes del Proyecto de Intercomparación de Modelos de Geoingeniería, o GeoMIP (Geoengineering Model Intercomparison Project). Robock mantiene una lista de temores sobre la geoingeniería que, en su última versión, contiene más de dos docenas de entradas. La número 1 es la posibilidad de que pueda modificar los patrones de precipitaciones, provocando «sequías en África y Asia». La número 9 es «menor generación fotovoltaica», y la número 17, «cielos más blancos». La número 24 es «conflictos entre naciones». La número 28: «¿Tenemos los humanos derecho a hacerlo?».[65]

Keith y Keutsch colaboran desde hace años en un proyecto conocido como Experimento de Perturbación Estratosférica Controlada, o ScoPEx (Stratospheric Controlled Perturbation Experiment). El experimento tiene que realizarse en algún lugar desprovisto de árboles, como el sudoeste de Norteamérica, a una altitud de unos veinte mil metros. Constará de no más de dos kilos de partículas reflectantes y un globo de presión cero con una canasta cargada de instrumentos científicos.

Durante mi visita a Cambridge ya se está trabajando en la canasta, y Keith se ofrece a mostrármela. Nos dirigimos por un laberinto de pasillos hasta un laboratorio abarrotado de tubos, botellas de gas, cajas de empaquetado, placas de circuitos y un surtido de herramientas digno de la

mayor de las ferreterías. «Este es el marco de vuelo —me dice, y señala una estructura hecha de barras de metal del tamaño de un cobertizo—. Y eso son los propulsores de vuelo.»

Keith me explica que el experimento se desarrollaría en cuatro etapas. En la primera, el globo no tripulado viajaría por la estratosfera liberando un chorro de partículas desde la canasta. Luego el globo invertiría la dirección para volar de regreso, atravesando la nube de partículas para así poder monitorizar su comportamiento.

El objetivo del experimento no es poner a prueba la geoingeniería, puesto que un kilo de carbonato de calcio o de dióxido de azufre queda muy lejos de la cantidad necesaria para producir una diferencia en el clima que pueda percibirse. ScoPEx constituiría más bien la primera prueba de campo —o, por mejor decir, de cielo— que abordase de forma rigurosa el concepto, aunque hay oposición a que alce el vuelo.

«Aunque la cantidad no tenga el menor efecto —me comenta Keutsch —, tener un globo en la estratosfera lanzando partículas conlleva una enorme carga simbólica.»

«Hay gente que piensa que no deberíamos realizar este experimento por razones que me parecen coherentes —me explica Keith mientras miramos cómo uno de sus estudiantes de doctorado aplica epoxi al tren de aterrizaje de la canasta de ScoPEx—. Pero lo cierto es que el verdadero riesgo físico es que algo se suelte y le caiga a alguien en la cabeza.»

Hasta el momento, el programa de investigación de geoingeniería de Harvard es el mejor financiado del mundo, con casi veinte millones de dólares. Pero hay otros grupos de investigación en Estados Unidos y Europa que exploran formas alternativas de «intervención climática».

Sir David King, un químico que sirvió como asesor científico jefe de los primeros ministros británicos Tony Blair y Gordon Brown, ha puesto en marcha recientemente una iniciativa de investigación, el Centro de Reparación del Clima, en la Universidad de Cambridge.

«Nos encontramos 1,1 o 1,2 °C por encima de los niveles preindustriales —me explica King durante una entrevista telefónica—, y la conclusión es que eso ya es demasiado. El hielo del océano Ártico, por

ejemplo, se está derritiendo más deprisa de lo que habíamos predicho. Vemos cómo el manto de hielo de Groenlandia también comienza a fundirse más deprisa de lo que preveíamos. ¿Cómo afrontamos todo eso?»

King sostiene que además de drásticas reducciones de las emisiones, «sin las cuales, francamente, estamos fritos», el centro se ha creado para promover la investigación sobre la remoción de carbono y las tecnologías para «recongelar» los polos. Una de las ideas que menciona es una versión ártica de la técnica de aumentar el brillo de las nubes. La idea consiste en enviar una flota de barcos al océano Ártico para disparar gotitas minúsculas de agua salada hacia el cielo. Según la teoría, los cristales de sal aumentarían la reflectividad de las nubes, reduciendo de este modo la cantidad de luz solar que llegaría hasta el hielo.

«Lo que esperamos es poder conservar la banquisa que se forma durante el invierno polar —dice King—. Si se hace año tras año, se reconstruye el hielo capa a capa.»

Dan Schrag es el director del Centro de Medio Ambiente de la Universidad de Harvard y ha ganado una beca MacArthur «Genius Grant». Ayudó a montar el programa de geoingeniería de Harvard y forma parte de su junta de asesores.

«Hay quien ha expresado preocupación ante la perspectiva de modificar el clima de todo el planeta —ha escrito—. Lo irónico es que esos proyectos de ingeniería podrían proporcionar la mayor probabilidad de supervivencia para la mayoría de los ecosistemas naturales de la Tierra, aunque tal vez ya no se puedan calificar de naturales después de desplegar esos sistemas de ingeniería.»[66]

La oficina de Schrag se encuentra a una manzana de las de Keith y Keutsch, así que durante mi visita a Cambridge concierto una reunión con él. Su perro, *Mickey*, un simpático chinook, se acerca a recibirme.

«No sé si como escritora sientes alguna vez una presión así —me dice Schrag—, pero yo siento mucha presión de mis colegas por llegar a un final feliz. La gente quiere tener esperanza. Y yo me digo: “¿Sabes qué? Soy científico. Mi trabajo no es dar buenas noticias a la gente, sino describir el

mundo de la manera más precisa posible". Como geólogo, pienso en términos de escalas de tiempo —prosigue—. La escala temporal del sistema climático es de cientos a decenas de miles de años. Si parásemos las emisiones CO_2 mañana mismo, lo cual, por supuesto, es imposible, todavía se seguiría calentando al menos durante siglos, porque el océano no está equilibrado. Eso es física básica. No sabemos cuánto calentamiento adicional supondría eso, pero podría ser de hasta un 70 % por encima del que ya hemos experimentado. Así que, en ese sentido, ya estamos en los 2 °C. Tendremos suerte si paramos a los 4 °C. Eso no es ni optimista ni pesimista. Creo que es una realidad objetiva.» (Un aumento de la temperatura global de 4 °C no solo está más allá del umbral oficial del desastre, sino que se adentra en el territorio de lo que solo puede describirse como impensable.)

«La idea de que, de algún modo, la investigación sobre geoingeniería solar pueda abrir la caja de Pandora, a mí me parece que es de una enorme ingenuidad —añade Schrag—. ¿De verdad crees que el ejército de Estados Unidos o de China no han pensado ya en todo esto? ¡Vamos! Han sembrado nubes para provocar lluvia. No es una idea nueva, y no es un secreto. La gente tiene que quitarse de la cabeza eso de pensar en si la geoingeniería solar les gusta o no, de pensar en si debería o no debería hacerse. Tienen que entender que no lo decidiremos nosotros. Estados Unidos no lo decidirá. Eres un líder mundial y hay una tecnología que puede aliviar el dolor y el sufrimiento, al menos en parte. La tentación es muy fuerte. No digo que vayan a hacerlo mañana. Creo que podrían faltar unos treinta años. La mayor prioridad de los científicos es pensar en todas las maneras posibles en las que esto puede salir mal.»

Mientras conversamos, aparece en el despacho una amiga de Schrag; me la presenta como Allison Macfarlane, una profesora de la Universidad George Washington y antigua directora de la Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos. Cuando le decimos que estamos discutiendo sobre la geoingeniería, hace un gesto de desaprobación.

«El problema son las consecuencias inesperadas —dice—. Crees que estás haciendo lo correcto y, por lo que sabes del mundo natural, parece que tiene que funcionar. Pero entonces lo haces y te sale el tiro por la culata,

pasa algo inesperado.»

«El mundo real del cambio climático, a eso nos enfrentamos —responde Schrag—. La geoingeniería no es algo que deba tomarse a la ligera. La razón de que pensemos en ello es que el mundo real nos ha dado muy mala mano en el juego.»

«Nos la hemos dado nosotros mismos», replica Macfarlane.

3

Más o menos por la misma época en que la armada estadounidense ponía en marcha el Proyecto Stormfury, el ejército se embarcaba en otro que se conocía —entre unos pocos, puesto que era secreto— como Iceworm. El Proyecto Iceworm era un plan excepcionalmente frío para ganar la Guerra Fría. El ejército proponía excavar cientos de kilómetros de túneles a través del manto de hielo de Groenlandia. En estos instalaría vías férreas que permitirían trasladar misiles por los túneles para confundir a los soviéticos. «Iceworm combina de este modo movilidad con dispersión, ocultación y dureza», se jactaba un informe secreto.[67]

Conforme a este plan, en el verano de 1959, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército fue destacado a Groenlandia con la orden de construir una base. Situada a 77 grados de latitud norte y a unos 240 kilómetros al este de la bahía de Baffin, Camp Century fue la mayor instalación jamás erigida sobre —o dentro de— el manto de hielo. Con la ayuda de lo que, en esencia, eran unos gigantescos quitanieves, el Cuerpo excavó una red de pasos bajo la superficie que comunicaban los dormitorios, una cantina, una capilla, un cine y una barbería. Había incluso un dispensario subglacial que vendía perfumes para enviar a casa. (Uno de los chistes favoritos del campamento era que había una mujer detrás de cada árbol.) Para alimentar toda la base, había un reactor nuclear portátil.

Camp Century fue la parte del Proyecto Iceworm que el ejército hizo pública. Insistía en que la base se había construido para realizar investigaciones polares, e incluso produjo una película promocional que hacía la crónica del hercúleo esfuerzo realizado por el Cuerpo. Para traer hasta allí desde la costa los materiales de construcción, hicieron falta convoyes de tractores especiales que avanzaban por la nieve a apenas tres kilómetros por hora. «Camp Century es un símbolo de la incesante lucha del hombre por domeñar su entorno», salmodiaba el narrador de la

película.[68] Se organizaron visitas de periodistas por los túneles, y se invitó a dos Boy Scouts, uno estadounidense y otro danés, a pasar una temporada en aquel apartado lugar.[69]

Sin embargo, al poco de terminar la construcción comenzaron los problemas. El hielo, como el agua, fluye. El Cuerpo ya lo sabía y lo había tenido en cuenta en sus cálculos. Pero no había contemplado el factor humano, el modo en que el calor del reactor aceleraría el proceso. Casi al instante, los túneles comenzaron a contraerse.[70] Para evitar que los dormitorios, la cantina y el cine quedasen aplastados, una cuadrilla tenía que «rebajar» continuamente el hielo con unas motosierras. Un visitante comparó el estruendo con el consejo general anual de todos los demonios del infierno.[71] En 1964, la cámara que alojaba el reactor se había deformado tanto que hubo que retirar la unidad. En 1967, se abandonó la base definitivamente.

Una de las maneras de compendiar la historia de Camp Century es como una alegoría más del Antropoceno. El hombre se dispone a «domeñar su entorno» y se congratula de su ingenio y sus hazañas, solo para descubrir que las paredes se cierran sobre él. Con un quitanieves aparta la naturaleza, pero esta no tarda en recobrar lo que es suyo.

Pero no es esta la razón de que lo cuente aquí. O al menos no es la razón principal.

Como base científica, Camp Century puede haber sido un *Potemkin*, pero lo cierto es que se realizaron investigaciones. Al mismo tiempo que los túneles se deformaban y cedían, un equipo de glaciólogos se dedicaba a perforar el manto de hielo. Consiguieron extraer unos largos y delgados cilindros de hielo, y siguieron perforando hasta que tocaron la roca madre. Los cilindros, más de un millar en total, constituyeron el primer testigo completo del hielo de Groenlandia. Lo que revelaron sobre la historia del clima resultó ser tan extraño e improbable que los científicos todavía están intentando comprenderlo.[72]

Leí por primera vez sobre Camp Century cuando planificaba mi propio viaje a Groenlandia. Mi intención era visitar una base danesa de perforación conocida como Proyecto del Testigo de Hielo del Norte de Groenlandia, o, de forma más concisa, North GRIP (North Greenland Ice Core Project). La base se asienta sobre tres mil metros de hielo, en un lugar más remoto incluso que Camp Century. Para llegar hasta allí, tuve que agenciarme una plaza en un Hercules C-130 equipado con esquís, un Herc para los amigos. El vuelo transportaba varios miles de metros de cable de perforación, junto a un equipo de glaciólogos europeos y al ministro de Ciencia de Dinamarca. (Groenlandia es un territorio danés, un hecho que el ejército estadounidense ignoró con suma alegría cuando planificó el Proyecto Iceworm.) Como todos nosotros, el ministro tuvo que sentarse en la bodega del Herc y taparse los oídos con los tapones que le facilitaron los militares.

Una de las entradas de Camp Century.
Fotografía de Pictorial Parade/Archive Photos/Getty Images

En cuanto desembarcamos, se acerca a saludarnos J. P. Steffensen, uno de los directores de North GRIP. Nosotros calzamos unas enormes botas impermeables y nos protegemos con un pesado traje de nieve. Steffensen calza un par de zapatillas de deporte antiguas, viste una parca abierta por delante que ha visto mejores tiempos, y no lleva guantes. De su barba cuelgan pequeños carámbanos de hielo. Comienza por darnos una breve charla sobre los peligros de la deshidratación. «Puede parecer contradictorio —nos dice—. Estamos encima de tres mil metros de agua. Pero el ambiente

es muy seco, así que aseguraos de tener algo que mear». Entonces repasa brevemente el protocolo de la base. Hay dos retretes a prueba de congelación traídos de Suecia, pero a los hombres se les pide amablemente que hagan sus necesidades en el hielo, en un lugar marcado con una pequeña bandera roja.

Para mantener abiertos los túneles de Camp Century había que usar motosierras.
Fotografía de US Army/Pictorial Parade/Archive Photos/Getty Images

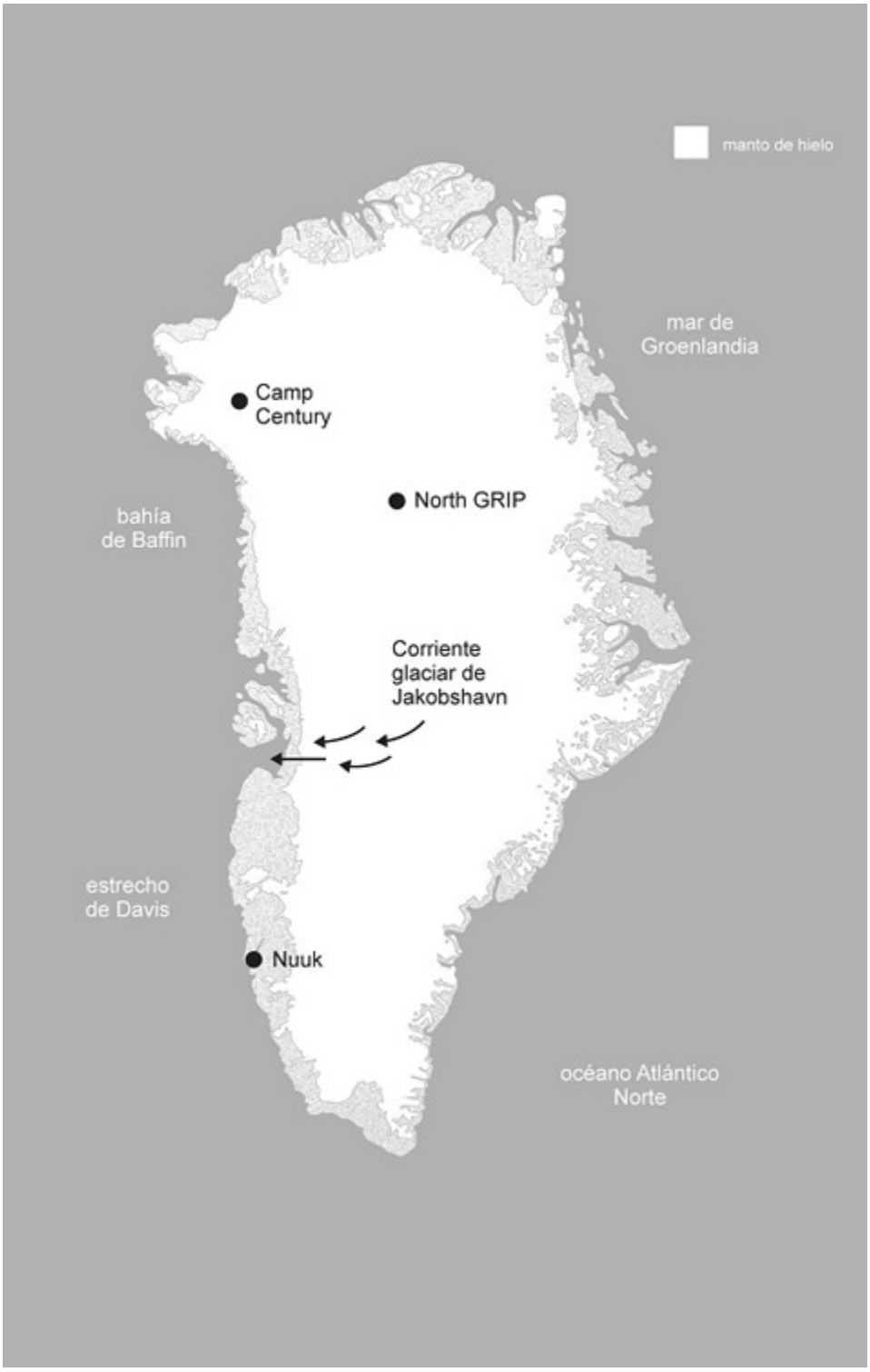
North GRIP es un lugar francamente modesto. Está formado por media docena de tiendas de color cerezo dispuestas en torno a una cúpula geodésica que adquirieron, por correo, de un vendedor de Minnesota. Alguien ha plantado frente a la cúpula el típico símbolo burlón del aislamiento: una señal con la distancia a la población más cercana, Kangerlussuaq, a tan solo ochocientos kilómetros. A su lado veo el típico símbolo burlón del frío, una palmera de contrachapado. En todas las

direcciones, la vista es la misma: una extensión completamente llana y blanca que puede calificarse de sórdida o, de manera alternativa, de sublime.

Bajo el campamento, un túnel de unos veinticinco metros conduce hasta la sala de perforación. Esta se ha excavado en el propio hielo, como los pasillos de Camp Century, y en su interior la temperatura, incluso en pleno junio, nunca sube de cero. También, como Camp Century, se está encogiendo. Para reforzar el techo se han colocado unas vigas de pino, pero ya se están agrietando bajo el peso de la nieve. La perforación se inicia cada mañana a las ocho. La primera tarea del día es bajar la barrena, un tubo de casi cuatro metros de largo con unos feroces dientes de metal en su extremo, hasta el fondo del orificio de perforación. Una vez en posición, el tubo dentado se hace girar de modo que poco a poco se forme en su interior un cilindro de hielo. Este se sube entonces con la ayuda de un cable de acero. La primera vez que presencio el proceso están a cargo de los controles un glaciólogo de Islandia y otro de Alemania. A la profundidad alcanzada, de 2.950 metros, hay que esperar una hora solo para que la barrena toque fondo. Durante ese tiempo, el par de operarios no tiene otro quehacer que mirar sus ordenadores, que reposan sobre unas pequeñas almohadillas térmicas, mientras escuchan ABBA. «La palabra “atasco” no está en nuestro vocabulario», me dice el islandés con una risita nerviosa.

Como todos los glaciares, el manto de hielo de Groenlandia está formado por entero de nieve acumulada. Las capas más recientes son gruesas y esponjosas, mientras que las más antiguas son finas y densas, lo que significa que perforar el hielo es descender por el tiempo, primero de forma gradual, luego cada vez más deprisa. A unos cuarenta metros de profundidad se encuentra la nieve que se depositó durante la guerra de Secesión de Estados Unidos; a casi ochocientos metros, la nieve de los tiempos de Platón; y a una profundidad de 1.600 metros, la nieve de cuando los pintores prehistóricos decoraban las cuevas de Lascaux. A medida que la nieve se comprime, su estructura cristalina se transforma en la del hielo, pero, por lo demás, se mantiene inalterada, como una reliquia del momento en que se formó. En el hielo de Groenlandia hay cenizas volcánicas del Tambora, contaminación por plomo de las fundiciones romanas y polvo que

vino de Mongolia a caballo de los vientos de la última glaciación. Cada capa contiene minúsculas burbujas que atrapan aire, muestras de una atmósfera pasada. Para quien sabe leerlas, son un archivo del cielo.



Por fin, el equipo de perforación extrae una corta sección de testigo, de unos sesenta centímetros de largo y diez centímetros de diámetro. Alguien va a buscar al ministro, que llega a la cámara enfundado en un mono de nieve rojo. Esta sección se parece mucho a un cilindro de sesenta centímetros de hielo normal y corriente. Sin embargo, según me explica uno de los operarios, está formado por nieve que cayó hace ciento cinco mil años, al principio de la última glaciación. El ministro exclama algo en danés y parece estar tan impresionado como corresponde.

La primera persona que se percató de cuánta información se podía extraer de un testigo de hielo fue un geofísico llamado Willi Dansgaard. También danés, Dansgaard era experto en la química de la precipitación. Si le proporcionaban una muestra de agua de lluvia, podía determinar, a partir de su composición isotópica, la temperatura a la que se había formado. Comprendió que este método también se podía aplicar a la nieve. Cuando oyó hablar del testigo de Camp Century, en 1966, solicitó permiso para analizarlo. No pudo sorprenderse más cuando se lo concedieron. Los estadounidenses, según escribiría más tarde, no parecían darse cuenta de la «mina de oro» de datos que guardaban en su cámara congeladora.[73]

A grandes trazos, la lectura que hizo Dansgaard del testigo de Camp Century confirmó lo que ya se sabía sobre la historia del clima. La glaciación más reciente, conocida en Estados Unidos como Wisconsin,[*] había comenzado hace unos 110.000 años. Durante la glaciación, los mantos de hielo se habían extendido por el hemisferio norte hasta cubrir Escandinavia, Canadá, Nueva Inglaterra y buena parte del Medio Oeste. También Groenlandia estaba totalmente helada. Como el resto del mundo, se había calentado al finalizar la glaciación, hace unos diez mil años.[74]

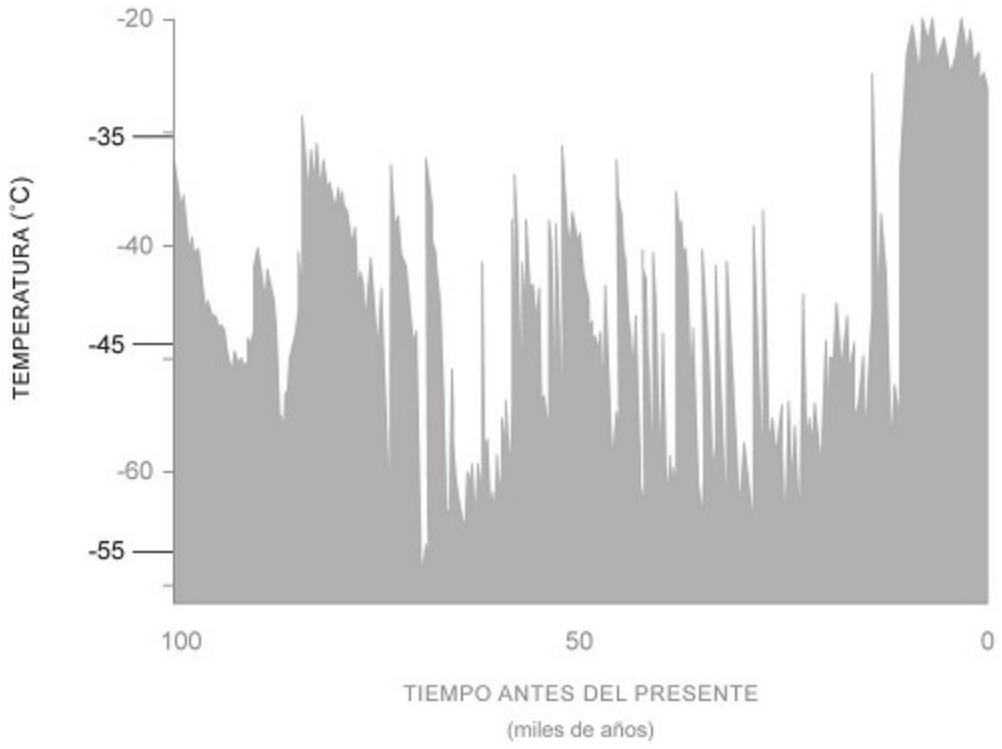
Otra cosa eran los detalles. El análisis del testigo que realizó Dansgaard lo llevó a pensar que en medio de la última glaciación el clima de Groenlandia había sido tan variable que a duras penas podía denominarse «clima». Al parecer, las temperaturas medias sobre el manto de hielo habían llegado a dispararse hasta en 8 °C en cincuenta años. Luego cayeron de

nuevo, de forma casi tan abrupta. Y esto no había ocurrido solo una vez, sino muchas. ¿Un cambio de temperatura de 8 °C? Es como si la ciudad de Nueva York se hubiera convertido en Houston, o Houston en Riad, para luego volver a ser Nueva York. Todo el mundo, incluido el propio Dansgaard, se quedó perplejo. ¿Era posible que cambios tan violentos correspondiesen a eventos reales? ¿No sería el resultado de algún problema técnico?

Durante las cuatro décadas siguientes se extrajeron cinco testigos más de distintas partes del manto de hielo. En todos ellos aparecieron los cambios abruptos. Entretanto, otros registros del clima, entre ellos depósitos de polen de Italia, sedimentos oceánicos del mar de Arabia y estalagmitas de una cueva de China, revelaron el mismo patrón. En honor a Dansgaard y a un colaborador suizo, Hans Oeschger, los cambios de temperatura acabaron por conocerse como «eventos Dansgaard-Oeschger». Hay registrados en el hielo de Groenlandia veinticinco eventos D-O. Richard Alley, un glaciólogo de Penn State, ha comparado el efecto a mirar «un niño de tres años que acaba de descubrir un interruptor de la luz, y lo enciende y apaga una y otra vez».[75]

El último gran cambio se produjo cuando ya se acababa la glaciación, y fue poco menos que espectacular.[76] En Groenlandia, las temperaturas se dispararon en 8,3 °C en una década, o quizá más rápido, y luego la situación se estabilizó en un régimen nuevo y muy distinto. Durante los diez mil años siguientes, las temperaturas de Groenlandia —y del resto del mundo— se han mantenido más o menos constantes, década tras década, siglo tras siglo.

Toda la civilización cae dentro de este período de relativa tranquilidad, y por eso nos parece que este tipo de calma es la norma. Es un error comprensible, pero error al fin y al cabo. Durante los últimos ciento diez mil años, el único período tan estable como el nuestro es el nuestro.



Durante la última glaciación, las temperaturas oscilaron de forma abrupta en el centro de Groenlandia.
MGMT. design, adaptado de Kurt M. Cuffey y Gary D. Clow, «Temperature, Accumulation, and Ice Sheet Elevation in Central Greenland Through the Last Deglacial Transition», *Journal of Geophysical Research* (1997).

Una de las noches que paso en North GRIP entrevisto a Steffensen en la cúpula geodésica. Es medianoche, pero a esta latitud polar es de día, y fuera brilla el sol. Los glaciólogos beben cerveza, se entretienen con juegos de mesa y escuchan la banda sonora de *Buena Vista Social Club*.

Saco el tema del cambio climático. Tal vez, le sugiero, nos protegería de otra glaciación y de más eventos D-O. ¡Podría al menos evitarnos ese desastre!

Steffensen no se muestra impresionado por mi sugerencia. Me hace notar que, si uno cree que el clima es inherentemente inestable, lo último que debe hacer es perturbarlo. Recita un viejo adagio danés, cuya pertinencia no acabo de comprender del todo, pero que de todos modos se queda conmigo. Traducido, dice así: «Meándote en los pantalones solo conseguirás calentarte poco tiempo».

Acabamos hablando de la historia del clima y la de la humanidad. Desde su punto de vista, no son cosas distintas. «Cuando examinas lo que nos dicen los testigos de hielo, ves que han cambiado nuestra imagen del mundo, nuestra visión de los climas del pasado y de la evolución humana —me explica—. ¿Por qué los seres humanos no desarrollaron la civilización hace cincuenta mil años? Sabemos que tenían un cerebro tan grande como el nuestro —prosigue—. Cuando lo situamos dentro de un contexto climático, podemos decir que, claro, era la glaciación. Y además esta era climáticamente tan inestable que cada vez que se insinuaban los inicios de una cultura, había que desplazarse. Luego llegamos al interglacial actual, diez mil años de un clima muy estable. Las condiciones perfectas para la agricultura. Visto así, es asombroso. Las civilizaciones de Persia, China y la India comienzan al mismo tiempo, hace quizá seis mil años. Todas desarrollaron la escritura, todas la religión, todas construyeron ciudades, y todas al mismo tiempo, porque el clima era estable. Creo que si el clima hubiese sido estable hace cincuenta mil años, todo eso habría ocurrido entonces. Pero no hubo oportunidad.»

Estaba contemplando la posibilidad de viajar de nuevo a Groenlandia, donde Steffensen y sus colegas estaban perforando un nuevo testigo de hielo, cuando nos asaltó la COVID-19. De un solo golpe, se malograron los planes de todo el mundo, y también los míos. A medida que se cerraban fronteras y se cancelaban vuelos, viajar al manto de hielo o, de hecho, a cualquier otra parte del mundo, se tornó imposible. Intentaba acabar un libro sobre un mundo que se estaba descontrolando solo para descubrir que el mundo estaba tan descontrolado que no podía acabar el libro.

Los científicos todavía están intentando entender qué provocó las abruptas oscilaciones de temperatura que se vieron por primera vez en el testigo de Camp Century. Una hipótesis sugiere que están relacionadas con una pérdida de la banquisa del Ártico, lo cual es preocupante, puesto que el calentamiento global está provocando la pérdida de hielo marino en esta región polar. Aun dejando de lado la posibilidad de un evento D-O inducido por las actividades humanas, está claro que la calma de los últimos diez mil

años se acerca a su fin. Sin pretenderlo, o incluso sabiéndolo, la humanidad ha aprovechado la estabilidad que tuvo la fortuna de disfrutar para crear una inestabilidad a la escala de Groenlandia.

Desde 1990, las temperaturas del manto de hielo han subido en casi 3 °C.[77] Durante el mismo período, la pérdida de hielo de Groenlandia se ha multiplicado por ocho, de treinta gigatoneladas al año a una media de más de 250 gigatoneladas al año.[78] La fusión de los hielos se está produciendo sobre una superficie cada vez mayor y hasta mayores altitudes; durante un par de días excepcionales del verano de 2019, se detectó fusión en más del 90 % de la superficie del manto de hielo.[79] Ese verano, que rompió todos los récords, Groenlandia se despojó de al menos seiscientas gigatoneladas de hielo, y produjo agua suficiente para llenar un estanque del tamaño de California hasta una altura de 1,2 metros.[80]

«El Ártico actual está experimentando tasas de calentamiento comparables a los cambios abruptos, o eventos D-O, registrados en los testigos de hielo de Groenlandia», ha comunicado recientemente un equipo de científicos daneses y noruegos.[81] Como el propio proceso de fusión del hielo se refuerza a sí mismo debido a que el agua es oscura y absorbe la radiación solar, mientras que el hielo es blanco y la refleja, la preocupación es que Groenlandia se pueda estar acercando al punto tras el cual la desintegración de todo el manto de hielo resulte inevitable. Eso podría llevar siglos, incluso milenios, pero, al final, sobre Groenlandia hay hielo suficiente para provocar una subida del nivel del mar de seis metros.

Al igual que las temperaturas, también el nivel del mar ha variado mucho en el pasado. Al final de la glaciación de Wisconsin, al tiempo que se rompían los grandes mantos de hielo, hubo períodos en que el nivel del mar aumentó al espectacular ritmo de treinta centímetros por década. (Se ha sugerido que uno de estos «pulsos de agua de fusión» inspiró el relato del diluvio universal del Génesis.) Es evidente que nuestros antepasados se las arreglaron para sobrevivir a todo aquel tumulto, pues de lo contrario no estaríamos aquí. Sin embargo, a diferencia de nosotros, viajaban ligeros. ¿Cómo, y a dónde, se puede trasladar una ciudad como Boston, Bombay o Shenzhen? La propiedad privada, las fronteras nacionales, las líneas de metro, las líneas eléctricas, las conducciones de aguas residuales, todo eso

son desarrollos relativamente recientes en las sociedades humanas, y todas militan en contra de la posibilidad de recoger los bártulos y largarse. En este sentido, casi todas las ciudades costeras están, como Nueva Orleans, comprometidas con la estabilidad y con las intervenciones, cada vez más costosas y sofisticadas, necesarias para mantenerla. Para combatir el aumento del nivel del mar y las marejadas más violentas que lo acompañan, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército ha propuesto construir una serie de islas artificiales en el puerto de Nueva York. Estas estarían conectadas mediante diez kilómetros de unas descomunales compuertas retráctiles. Una estimación inicial del coste del proyecto lo eleva a más de cien mil millones de dólares.[82] Como alternativa, se ha propuesto que el aumento del nivel del mar se podría frenar apuntalando las plataformas de hielo o tapando la boca de uno de los mayores glaciares que drenan Groenlandia, la corriente glaciar de Jakobshavn.

«Comprendemos que se recele de interferir en los glaciares —observaban en *Nature* los autores de la propuesta, todos ellos científicos de Estados Unidos y Finlandia—. Como glaciólogos, conocemos la belleza prístina de esos lugares.» Pero «si el mundo no hace nada, los mantos de hielo no dejarán de mermar y las pérdidas no harán más que acelerarse. Aunque se redujesen de manera radical las emisiones de gases invernadero, lo cual parece improbable, el clima tardaría décadas en estabilizarse».[83]

Primero aceleramos una corriente glaciar, luego intentamos frenarla erigiendo un dique de cien metros de altura y cinco kilómetros de largo coronado de hormigón.

Este es un libro sobre cómo intentamos resolver los problemas que otros crearon al intentar resolver problemas. Para escribirlo he hablado con ingenieros e ingenieros genéticos, con biólogos y microbiólogos, con científicos de la atmósfera y emprendedores de la atmósfera. Sin excepción, se mostraron entusiastas de su trabajo. Pero por regla general, su entusiasmo se veía atemperado por la duda. Las barreras eléctricas contra peces, la «crevasse» de hormigón, la falsa caverna, las nubes sintéticas, no me lo presentaron tanto con un espíritu de tecnooptimismo como de lo que

podríamos calificar de tecnofatalismo. No son mejoras sobre los originales, solo lo mejor que se le ha podido ocurrir a alguien, dadas las circunstancias. Como un replicante de *Blade Runner* le dice a Harrison Ford, que podría o no hacer el papel de un replicante: «¿Cree que trabajaría aquí si me pudiera permitir una serpiente de verdad?».

Es dentro de este contexto donde deben evaluarse intervenciones como la evolución asistida, los impulsores genéticos o la excavación de millones de fosos para enterrar miles de millones de árboles. La geoingeniería puede ser «una locura y muy desconcertante», pero si puede frenar la fusión del manto de hielo de Groenlandia, o en alguna medida «aliviar el dolor y el sufrimiento», o contribuir a evitar que unos ecosistemas que ya no son del todo naturales acaben por desmoronarse, ¿no deberíamos tomarla en consideración?

Andy Parker es el director del Proyecto Iniciativa de Gobernanza de la Gestión de la Radiación Solar, que pretende ensanchar la «conversación global» sobre la geoingeniería. Su analogía farmacológica favorita para esta tecnología es la quimioterapia. Nadie en su sano juicio se sometería a la quimioterapia si hubiera alternativas mejores. «Vivimos en un mundo —ha comentado—, en el que oscurecer el jodido sol podría ser un riesgo menor que no hacerlo.»[84]

Pero para imaginar que «oscurecer el jodido sol» pueda ser menos peligroso que no hacerlo, hay que imaginar primero, no solo que la tecnología funcionará según lo previsto, sino que también se desplegará según lo previsto. Tal como Keutsch, Keith y Schrag se esforzaron por dejarme claro, los científicos solo pueden hacer recomendaciones; la implementación es una decisión política. Uno puede confiar en que esa decisión se tomará de una forma justa para con las generaciones actuales y las futuras, humanas o no humanas. Digamos tan solo que, en esto, nuestro historial no es muy brillante. (Basta con pensar en el cambio climático.)

Supongamos que el mundo, o un pequeño grupo de naciones decididas, lanzan una flota de SAIL. Y supongamos que al mismo tiempo que estos SAIL vuelan y esparcen toneladas y toneladas de partículas, las emisiones globales siguen subiendo. El resultado no sería un retorno al clima de los días preindustriales ni al del Plioceno, ni siquiera al del Eoceno, cuando los

cocodrilos se calentaban al sol a orillas del Ártico. Sería un clima sin precedentes para un mundo sin precedentes, un mundo donde unas carpas plateadas brillarían bajo un cielo blanco.

Agradecimientos

Este libro no se podría haber escrito sin mucha ayuda. Estoy profundamente agradecida con las muchas personas que compartieron conmigo su conocimiento, sus experiencias y su propio tiempo.

Por la ayuda que me brindaron para entender cómo llegó la carpa asiática a Estados Unidos y adónde podría dirigirse, deseo dar las gracias a Margaret Frisbie, Mike Alber y los Amigos del Río Chicago, que me llevaron a una maravillosa aventura a bordo del *City Living*. Mi agradecimiento también para Chuck Shea, Kevin Irons, Philippe Parola, Clint Carter, Duane Chapman, Robin Calfee, Anita Kelly, Drew Mitchell y Mike Freeze. Gracias también a Tracy Seidemann y a los biólogos del Departamento de Recursos Naturales de Illinois y a los pescadores contratados, por aguantarme a mí y a mis inacabables preguntas.

Owen Bordelon tuvo la gentileza —y pericia— de llevarme en su avioneta sobre la parroquia de Plaquemines, y David Muth y Jacques Hebert ayudaron a que eso ocurriera. Clint Willson, Rudy Simoneaux, Brad Barth, Alex Kolker, Boyo Billiot, Chantel Comardelle, Jeff Hebert, Joe Harvey y Chuck Perrodin fueron magníficos guías de las complejidades de la vida en el Misisipi.

La gente que se esfuerza por mantener vivos los peces del desierto de Estados Unidos merece una forma especial de gratitud. Gracias a Kevin Wilson, Jenny Gumm, Olin Feuerbacher, Ambre Chaudoin, Jeff Goldstein y Brandon Senger, que me llevaron a hacer el recuento de cachorritos en el Hoyo del Diablo. Gracias también a Kevin Guadalupe, que me enseñó los cachorritos de Nevada y sin el cual tal vez ya no habría ninguno que enseñar, y a Susan Sorrells, que ha trabajado mucho para mantener vivo el cachorrito de Shoshone. Y gracias, también, a Kevin Brown, por compartir conmigo su relato de la historia del Hoyo del Diablo.

Ruth Gates falleció mientras escribía este libro. Me siento muy afortunada por haber podido pasar tiempo con ella en Moku o Lo’e y por su ayuda cuando comenzaba a concebir este proyecto. Me siento también muy agradecida a Madeleine Van Oppen y a todos los entregados biólogos marinos que conocí durante mi estancia en Australia, entre ellos Kate Quigley, David Wachenfeld, Annie Lamb, Patrick Buerger y Wing Chan. Gracias, asimismo, a Paul Hardisty y Marie Roman.

Mark Tizard y Caitlin Cooper fueron muy generosos conmigo durante mi visita a Geelong. También Paul Thomas cuando lo visité en Adelaida. La ingeniería genética es un tema de inmensa complejidad, y agradezco a los tres su paciencia para explicarme su trabajo. Lin Schwarzkopf fue tan amable de acompañarme a buscar sapos de caña. Gracias a Royden Saah de GBIRd, y muchas gracias también a Luana Maroja, de Williams College, por su generosa ayuda para ayudarme a entender los detalles del impulso genético.

Tuve la fortuna de visitar la central energética de Hellisheiði con Edda Aradóttir pese a las restricciones impuestas por la COVID-19, y debo agradecerle a ella y a Ólöf Baldursdóttir que eso fuese posible. Klaus Lackner fue un estupendo anfitrión durante mi visita a la Universidad Estatal de Arizona. Jan Wurzbacher, Louise Charles y Paul Ruser fueron generosos con su tiempo cuando los visité en Zúrich. Hago extensiva mi gratitud a Oliver Geden, Zeke Hausfather y Magnús Bernhardsson.

Fui a hablar con Frank Keutsch, David Keith y Dan Schrag en Harvard pocos días antes de que se cerrase el campus a causa la COVID-19. Quiero agradecerles a todos ellos el tiempo que dedicaron a aclararme las muchas complejidades, técnicas y éticas, de la geoingeniería. Gracias a Allison Macfarlane, quien, en un sentido muy real, caminó por estas páginas, y también a Lizzie Burns, Zhen Dai, sir David King, Andy Parker, Gernot Wagner, Janos Pasztor y Cynthia Scharf.

De manera indirecta, este libro debe sus orígenes a una visita que hice a North GRIP cuando todavía existía. Gracias a J. P. Steffensen, Dorthe Dahl-Jensen, Richard Alley y los muchos e intrépidos glaciólogos que trabajan para comprender el pasado y futuro del manto de hielo de Groenlandia.

Gracias también a Ned Kleiner, mi científico del clima favorito, que leyó y comentó algunos capítulos clave, y a Aaron y Matthew Kleiner, que me brindaron consejos cruciales de último minuto.

Estoy en deuda con la Fundación Alfred P. Sloan por su generosa ayuda. Una beca de esta entidad financió la investigación y los viajes realizados durante la elaboración de este libro, y me permitió informar desde lugares a los que es probable que no hubiera podido ir de otro modo. En 2019, pasé un mes trabajando en este proyecto en el Centro Bellagio de la Fundación Rockefeller. El entorno era maravilloso e inspiradora la compañía. Algunas partes de este libro las escribí durante una estancia becada en el Centro de Estudios Medioambientales de Williams College. Vaya mi reconocimiento también a los profesores y estudiantes del centro, y un agradecimiento especial a Walton Ford, cuya alca gigante me proporcionó inspiración en los momentos oscuros.

Muchas personas trabajaron con un calendario apretado para convertir en libro el manuscrito que les envié. Mi más sentido agradecimiento a Caroline Wray, Simon Sullivan, Evan Camfield, Kathy Lord, Janice Ackerman, Alicia Cheng, Sarah Gephart, Ian Keliher y todo el equipo de MGMT Design. Estoy en deuda con Julie Tate, que verificó los datos de varios de los capítulos, así como al equipo verificación de *The New Yorker*. Cualesquiera errores que hayan quedado son de mi entera responsabilidad.

Algunas partes de este libro aparecieron primero en *The New Yorker*. Estoy profundamente agradecida a David Remnick, Dorothy Wickenden, John Bennet y Henry Finder por sus consejos y apoyo durante tantísimos años.

Gillian Blake nunca perdió la fe en este proyecto pese a las complejidades que surgieron por el camino. No puedo agradecerle lo suficiente todo su aliento, sus consejos de redacción y su buen juicio. Kathy Robbins fue, como siempre, una gran amiga. Una escritora no podría aspirar a lectora más exigente ni a más leal defensora.

Por último, todo mi agradecimiento a mi esposo, John Kleiner. Por tomar prestada la expresión de Darwin, este libro salió a medias de su cerebro, y no estoy segura de poder agradecérselo lo bastante «si no es

justamente con estas palabras».* No habría podido escribir ni una sola página de este libro sin contar con su discernimiento, su entusiasmo y su voluntad de leer todavía un borrador más.

Listado de especies citadas

(entre paréntesis, el nombre nombre científico)
† extinta

albatros de Tristán (*Diomedea dabbenena*)
almeja guisante de Henslow (*Pisidium henslowanum*)
almeja guisante europea (*Pisidium amnicum*)
almeja guisante supina (*Pisidium supinum*)
bagre piltontle (*Pylodictis olivaris*)
cachorrito de Ash Meadows (*Empetrichthys merriami*)
cachorrito de Ash Meadows Amargosa (*Cyprinidon nevadensis mionectes*)
cachorrito de Owens (*Cyprinodon radiosus*)
cachorrito de Pahrump (*Empetrichthys latos*)
cachorrito de Shoshone (*Cyprinodon nevadensis shoshone*)
cachorrito de Tecopa (*Cyprinodon nevadensis calidae*)
cachorritos del Hoyo del Diablo (*Cyprinodon diabolis*)
camarón rojo sangre (*Hemimysis anomala*)
cancro del castaño (*Cryphonectria parasitica*)
cangrejo de río americano de los pantanos (*Procambarus clarkii*)
cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*)
caracol auriculado europeo (*Radix auricularis*)
caracol de valva europeo (*Valvata piscinalis*)
caracol del cieno de Nueva Zelanda (*Potamopyrgus antipodarum*)
caracol gigante africano (*Achatina fulica*)
carpa cabezona (*Hypophthalmichthys nobilis*)
carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*)
carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*)
carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*)

carpín dorado (*Carassius auratus*)
carpita de Las Vegas (*Rhinichthys deaconi*)
castaño americano (*Castanea dentata*)
cerceta de las Campbell (*Anas nesiotis*)
chingolo campestre (*Spizella pusilla*)
chotacabras de Nueva Caledonia (*Eurostopodus exul*)
cíclido convicto (*Amatitlania nigrofasciata*)
cocodrilo australiano de agua dulce (*Crocodrylus johnsoni*)
colobo rojo de Waldron (*Piliocolobus waldronae*)
coral cuerno de alce (*Acropora palmata*)
coral cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*)
corredora de Antigua (*Alsophis antiguae*)
dodo (*Raphus cucullatus*)†
dragón de agua australiano (*Intellagama lesueurii*)
escinco de lengua azul (*Tiliqua scincoides*)
espinoso (*Gasterosteus aculeatus*)
espinoso de cuatro espinas (*Apeltes quadracus*)
filigrana mayor o fontanera (*Myriophyllum spicatum*)
focha mascareña (*Fulica newtonii*)†
gaviota argéntea americana (*Larus smithsonianus*)
gobio de boca negra (*Neogobius melanostomus*)
ibis de Reunión (*Threskiornis solitarius*)†
lamprea marina (*Petromyzon marinus*)
lepidomeda de Pahranagat (*Lepidomeda altivelis*)
lucioperca americana (*Sander vitreus*)
matalote (*Ictiobus* sp.)
mexclapique de Raycraft (*Empetrichthys latos concavus*)
murciélago narigudo de Tsushima (*Murina tenebrosa*)
paloma de collar (*Patagioenas fasciata*)
paloma pasajera (*Ectopistes migratorius*)†
pastito de agua (*Luziola peruviana*)
perca canadiense (*Perca flavescens*)
po’ouli (*Melamprosops phaeosoma*)
pulga de agua de anzuelo (*Cercopagis pengoi*)

pulga de agua espinosa (*Bythotrephes longimanus*)
rascón rojo (*Aphanapteryx bonasia*)†
rata gigante de Emma (*Uromys emmae*)
roncador de agua dulce (*Aplodinotus grunniens*)
satanelo septentrional (*Dasyurus hallucatus*)
serpiente de la mulga (*Pseudechis australis*)
solitario de Rodrigues (*Pezophaps solitaria*)†
tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)
trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*)
varano de manchas amarillas (*Varanus panoptes*)
vencejo espinoso (*Chaetura pelagica*)
víboras de la muerte (*Acanthophis* sp.)

Notas

1. Mark Twain, *Life on the Mississippi*, reimpresión, Penguin Putnam, Nueva York, 2001 [hay trad. cast.: *La vida en el Misisipi*, Reino de Cordelia, Madrid, 2021].

2. Joseph Conrad, *Heart of Darkness and the Secret Sharer*, reimpresión, Signet Classics, Nueva York, 1950, p. 102 [hay trad. cast.: *El corazón de las tinieblas*, Cátedra, Madrid, 2019].

3. *The New York Times*, 14 de enero de 1900, p. 14.

4. Libby Hill, *The Chicago River: A Natural and Unnatural History*, Lake Claremont Press, Chicago, 2000, p. 127.

5. Citado en Hill, *The Chicago River*, p. 133.

6. Roger LeB. Hooke y José F. Martín-Duque, «Land Transformation by Humans: A Review», *GSA Today*, 22 (2012), pp. 4-10.

7. Katy Bergen, «Oklahoma Earthquake Felt in Kansas City, and as Far as Des Moines and Dallas», *The Kansas City Star*, 3 de septiembre de 2016, en kansascity.com/news/local/article99785512.html. (*N. del t.*: Pawnee y De Moines se encuentran a unos 650 km en línea recta.)

8. Yinon M. Bar-On, Rob Phillips y Ron Milo, «The Biomass Distribution on Earth», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115 (2018), pp. 6506-6511.

9. «Historical Vignette 113–Hide the Development of the Atomic Bomb», U.S. Army Corps of Engineers Headquarters, usace.army.mil/About/History/Historical-Vignettes/Military-Construction-Combat/113-Atomic-Bomb/.

10. P. Moy, C. B. Shea, J. M. Dettmers y I. Polls, «Chicago Sanitary and Ship Canal Aquatic Nuisance Species Dispersal Barriers», informe disponible en glpf.org/funded-projects/aquatic-nuisance-species-dispersalbarrier-for-the-chicago-sanitary-and-ship-canal/.

11. Citado en Thomas Just, «The Political and Economic Implications of the Asian Carp Invasion», *Pepperdine Policy Review*, 4 (2011), digitalcommons.pepperdine.edu/ppr/vol4/iss1/3.

12. Patrick M. Kočovský, Duane C. Chapman y Song Qian, «“Asian Carp” Is Societally and Scientifically Problematic. Let’s Replace It», *Fisheries*, 43 (2018), pp. 311-316.

13. Las cifras provienen de *Informe anual de pesquerías de China, 2016*, citado en Louis Harkell, «China Claims 69m Tons of Fish Produced in 2016», *Undercurrent News*, 19 de enero de 2017, en undercurrentnews.com/2017/01/19/ministry-of-agriculture-china-produced-69m-tons-offish-in-2016/.

14. William Souder, *On a Farther Shore: The Life and Legacy of Rachel Carson*, Crown, Nueva York, 2012, p. 280.

15. Rachel Carson, *Silent Spring*, ed. del 40 aniversario, Mariner, Nueva York, 2002, p. 297 [hay trad. cast.: *Primavera silenciosa*, Crítica, Barcelona, 2001].

16. Andrew Mitchell y Anita M. Kelly, «The Public Sector Role in the Establishment of Grass Carp in the United States», *Fisheries*, 31 (2006), pp. 113-121.

17. Anita M. Kelly, Carole R. Engle, Michael L. Armstrong, Mike Freeze y Andrew J. Mitchell, «History of Introductions and Governmental Involvement in Promoting the Use of Grass, Silver, and Bighead Carps», en Duane C. Chapman y Michael H. Hoff (eds.), *Invasive Asian Carps in North America*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 2011, pp. 163-174.

18. Henry David Thoreau, *A Week on the Concord and Merrimack Rivers*, reimpresión, Penguin, Nueva York, 1998, p. 31 [hay trad. cast.: *Musketaquid*, Errata naturae, Madrid, 2014].

19. Duane C. Chapman, «Facts About Invasive Bighead and Silver Carps», publicación del Servicio Geológico de Estados Unidos, disponible en pubs.usgs.gov/fs/2010/3033/pdf/FS2010-3033.pdf.

20. Dan Egan, *The Death and Life of the Great Lakes*, Norton, Nueva York, 2017, p. 156.

21. Dan Egan, *The Death and Life of the Great Lakes*, Norton, Nueva York, 2017, p. 156.

22. Citado en Tom Henry, «Congressmen Urge Aggressive Action to Block Asian Carp», *The Blade*, 21 de diciembre de 2009, toledoblade.com/local/2009/12/21/Congressmen-urge-aggressive-action-to-block-Asiancarp/stories/200912210014.

23. «Lawsuit Against the U.S. Army Corps of Engineers and the Chicago Water District», Department of the Michigan Attorney General, michi gan.gov/ag/0,4534,7-359-82915_82919_82129_82135-447414-,00.html.

24. The Great Lakes and Mississippi River Interbasin Study, o Informe GLMRIS, está disponible en glmris.anl.gov/glmris-report/.

25. La lista de las (en el último recuento) 187 especies invasoras que se han establecido en los Grandes Lagos se puede encontrar en glerl.noaa.gov/glansis/GLANSISposter.pdf.

26. Phil Luciano, «Asian Carp More Than a Slap in the Face», *Peoria Journal Star*, 21 de octubre de 2003, en pjstar.com/article/20031021/NEWS/310219999.

27. Doug Fangyu, «Asian Carp: Americans' Poison, Chinese People's Delicacy», *China Daily USA*, 13 de octubre de 2014, en http://usa.chinadaily.com.cn/epaper/2014-10/13/content_18730596.htm.

* Por el quinto verso del poema «Chicago» (1914), de Carl Sandburg (1878-1967). (*N. del t.*)

[*] La filigrana mayor o fontanera (*Myriophyllum spicatum*) es una planta acuática autóctona de Europa. (*N. del t.*)

* *Silverfin*, por analogía con las denominaciones de los atunes, como *yellowfin tuna* para el atún de aleta amarilla. (*N. del t.*)

28. Amy Wold, «Washed Away: Locations in Plaquemines Parish Disappear from Latest NOAA Charts», *The Advocate*, 29 de abril de 2013), en https://www.theadvocate.com/baton_rouge/news/article_f60d4d55e26b52c0-b9bb-bed2ae0b348c.html.

29. Citado en John McPhee, *The Control of Nature*, Noonday, Nueva York, 1990, p. 26.

30. Liviu Giosan y Angelina M. Freeman, «How Deltas Work: A Brief Look at the Mississippi River Delta in a Global Context», en *Perspectives on the Restoration of the Mississippi Delta*, John W. Day, G. Paul Kemp, Angelina M. Freeman y David P. Muth (eds.), Springer, Dordrecht, 2014, p. 30.

31. Christopher Morris, *The Big Muddy: An Environmental History of the Mississippi and Its Peoples from Hernando de Soto to Hurricane Katrina*, Oxford University Press, Oxford, 2012, p. 42.

32. Citado en Morris, *The Big Muddy*, p. 45.

33. *Ibid*.

34. Citado en Lawrence N. Powell, *The Accidental City: Improvising New Orleans*, Harvard University Press, Cambridge, 2012, p. 49.

35. Morris, *The Big Muddy*, p. 61.

36. John M. Barry, *Rising Tide: The Great Mississippi Flood of 1927 and How It Changed America*, Touchstone, Nueva York, 1997, p. 40.

37. Donald W. Davis, «Historical Perspective on Crevasses, Levees, and the Mississippi River», en *Transforming New Orleans and Its Environs*, Craig E. Colten (ed.), University of Pittsburgh, Pittsburgh, 2000, p. 87.

38. Citado en Richard Campanella, «Long before Hurricane Katrina, There Was Sauve's Crevasse, One of the Worst Floods in New Orleans History», nola.com, 11 de junio de 2014, en https://www.nola.com/entertainment_life/home_garden/article_ea927b6b-d1ab-5462-9756-ccb1acdf092e.html.

39. Para un listado completo de «crevasses» de 1773-1927, véase: Davis, «Historical Perspectives on Crevasses, Levees, and the Mississippi River», p. 95.

40. Davis, «Historical Perspectives on Crevasses, Levees, and the Mississippi River», p. 100.

41. Las estimaciones de los daños provocados por la Gran Inundación de 1927 varían enormemente; algunas alcanzan hasta mil millones de dólares, casi 15.000 millones de dólares actuales.

42. Citado en Christine A. Klein y Sandra B. Zellmer, *Mississippi River Tragedies: A Century of Unnatural Disaster*, New York University, Nueva York, 2014, p. 76.

43. D. O. Elliott, *The Improvement of the Lower Mississippi River for Flood Control and Navigation: Vol. 2*, Mississippi River Commission, San Luis, 1932, p. 172.

44. *Ibid.*, *Vol. 2*, p. 326.

45. Fragmento extraído de Michael C. Robinson, *The Mississippi River Commission: An American Epic*, Mississippi River Commission, Vicksburg, 1989.

46. Davis, «Historical Perspectives on Crevasses, Levees, and the Mississippi River», p. 85.

47. John Snell, «State Takes Soil Samples at Site of Largest Coastal Restoration Project, Despite Plaquemines Parish Opposition», Fox8live, última actualización de 23 de agosto de 2018, fox8live.com/story/38615453/state-takes-soil-samples-at-site-of-largest-coastal-restoration-project-despite-plaquemines-parish-opposition/.

48. Cathleen E. Jones *et al*., «Anthropogenic and Geologic Influences on Subsidence in the Vicinity of New Orleans, Louisiana», *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121 (2016), pp. 3867-3887.

49. Thomas Ewing Dabney, «New Orleans Builds Own Underground River», *New Orleans Item*, 2 de mayo de 1920, p. 1.

50. Jack Shafer, «Don’t Refloat: The Case against Rebuilding the Sunken City of New Orleans», *Slate*, 7 de septiembre de 2005, en slate.com/news-and-politics/2005/09/the-case-against-rebuilding-the-sunken-city-ofnew-orleans.html.

51. Klaus Jacob, «Time for a Tough Question: Why Rebuild?» *The Washington Post*, 6 de septiembre de 2005.

52. Los informes de la comisión Bring New Orleans Back, nombrada por el alcalde Ray Nagin, están archivados en columbia.edu/itc/journalism/cases/katrina/city_of_new_orleans_bnobc.html.

53. Mark Schleifstein, «Price of Now-Completed Pump Stations at New Orleans Outfall Canals Rises by $33.2 Million», *New Orleans TimesPicayune* (actualizado el 12 de julio de 2019), nola.com/news/environment/article_7734dae6-c1c9-559b-8b94-7a9cef8bb6d8.html.

54. Klein y Zellmer, *Mississippi River Tragedies*, p. 144.

55. En qué medida pueden las marismas reducir las marejadas es una cuestión muy debatida. Esta es la estimación que se cita en Klein y Zellmer, *Mississippi River Tragedies*, p. 141.

56. La historia de la banda de la isla de Jean Charles de la tribu biloxi-chitimacha-choctaw, así como las últimas noticias sobre los planes de reasentamiento, se pueden encontrar en isledejeancharles.com.

57. El presupuesto del Proyecto de Morganza al golfo no para de cambiar. Estas cifras son de finales de la década de 1990, cuando el Cuerpo decidió no incluir la isla de Jean Charles en el interior de sus diques.

58. McPhee, *The Control of Nature*, p. 50.

59. *Ibid*., p. 69.

[*] De «The Dry Salvages» (1941), el tercero de los poemas reunidos en *Cuatro cuartetos*. (*N. del t.*).

* Por *flood*, «inundación», y *moor*, que designa cierto tipo de área pantanosa. Broadmoor era una amplia marisma que se drenó a principios del s. XX. (*N. del t.*)

[*] Horacio, *Sátiras. Epístolas. Arte poética* (Biblioteca Clásica Gredos n.º 373), traducción de José Luis Moralejo, Barcelona, Gredos, RBA, 2008. (*N. del t.*)

1. En tiempos de Manly, la montaña todavía no tenía nombre oficial; su localización se establece en Richard E. Lingenfelter, *Death Valley & the Amargosa: A Land of Illusion*, University of California, Berkeley, 1986, p. 42.

2. William L. Manly, *Death Valley in '49: The Autobiography of a Pioneer*, reimpresión, The Narrative Press, Santa Bárbara, 2001, p. 105.

3. Lingenfelter, *Death Valley & the Amargosa*, pp. 34-35.

4. Manly, *Death Valley in ’49*, p. 106.

5. *Ibid*., p. 99.

6. El relato de este intercambio procede de Manly, *Death Valley in ’49*, p. 113.

7. Citado en James E. Deacon y Cynthia Deacon Williams, «Ash Meadows and the Legacy of the Devils Hole Pupfish», en Battle Against Extinction: Native Fish Management in the American West, W. L. Minckley y James E. Deacon (eds.), University of Arizona Press, Tucson, 1991, p. 69.

8. Manly, *Death Valley in ’49*, p. 107.

9. Christopher J. Norment, *Relicts of a Beautiful Sea: Survival, Extinction, and Conservation in a Desert World*, University of North Carolina, Chapel Hill, 2014, p. 110.

10. El vídeo de vigilancia fue publicado en línea con una noticia de Veronica Rocha, «3 Men Face Felony Charges in Killing of Endangered Pupfish in Death Valley», *Los Angeles Times*, 13 de mayo de 2016; latimes.com/local/lanow/la-me-ln-pupfish-charges-20160513-snap-story.html.

11. Paige Blankenbuehler, «How a Tiny Endangered Species Put a Man in Prison», *High Country News*, 15 de abril de 2019.

12. El cálculo se basa en cifras aportadas por Norment, *Relicts of a Breautiful Sea*, p. 120.

13. Manly, *Death Valley in '49*, p. 13.

14. *Ibid*., p. 64.

15. Henry David Thoreau, *Thoreau's Journals*, *Vol. 20*, entrada de 23 de marzo de 1856, transcripción disponible en http://thoreau.library.ucsb.edu/writings_journals20.html.

16. Joel Greenberg, *A Feathered River Across the Sky: The Passenger Pigeon's Flight to Extinction*, Bloomsbury, Nueva York, 2014, pp. 152-155.

17. William T. Hornaday, *The Extermination of the American Bison with a Sketch of Its Discovery and Life History*, Government Printing Office, Washington D. C., 1889, p. 387.

18. Hornaday, *The Extermination of the American Bison*, p. 525.

19. Aldo Leopold, *A Sand County Almanac*, reimpresión, Ballantine, 1970, p. 117.

20. Anthony D. Barnosky *et al*., «Has the Earth's Sixth Mass Extinction Already Arrived?» *Nature*, 471 (2011), pp. 51-57.

21. La lista, recopilada por U.S. North American Bird Conservation Initiative, está disponible en allaboutbirds.org/news/state-of-the-birds-2014common-birds-in-steep-decline-list/.

22. Caspar A. Hallmann *et al*., «More than 75 Percent Decline over 27 Years in Total Flying Insect Biomass in Protected Areas», *PLoS ONE*, 12 (2017), en journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone. 0185809.

23. C. N. Waters *et al.*, «Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series: Where and How to Look for Potential Candidates», *Earth-Science Reviews*, 178 (2018), pp. 379-429.

24. Proclamation 2961, 17 Fed. Reg. 691, 23 de enero de 1952.

25. La lista completa de detonaciones hasta la fecha se puede encontrar en U.S. Department of Energy, National Nuclear Safety Administration Nevada Field Office, *United States Nuclear Tests: July 1945 through September 1992*, U.S. Department of Commerce, Alexandria, Va., 2015, en nnss.gov/docs/docs_LibraryPublications/DOE_NV-209_Rev16.pdf.

26. El plan está descrito en Kevin C. Brown, *Recovering the Devils Hole Pupfish: An Environmental History*, National Park Service, 2017, p. 315. El autor tuvo la generosidad de proporcionarme una copia electrónica.

27. Brown, *Recovering the Devils Hole Pupfish*, p. 142.

28. *Ibid*., p. 145.

29. *Ibid*., p. 139.

30. *Ibid*., p. 303.

31. Edward Abbey, *Desert Solitaire: A Season in the Wilderness*, reimpresión, Touchstone, Nueva York, 1990, p. 126.

32. Abbey, *Desert Solitaire*, p. 21.

33. Norment, *Relicts of a Beautiful Sea*, pp. 3-4.

34. Stanley D. Gehrt, Justin L. Brown y Chris Anchor, «Is the Urban Coyote a Misanthropic Synanthrope: The Case from Chicago», *Cities and the Environment*, 4 (2011), en digitalcommons.lmu.edu/cate/vol4/iss1/3/.

35. La lista actualizada de animales «posiblemente extintos» de International Union for Conservation of Nature (IUCN) se puede consultar en iucnredlist.org/statistics.

36. J. Michael Scott *et al*., «Recovery of Imperiled Species under the Endangered Species Act: The Need for a New Approach», *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3 (2005), pp. 383-389.

37. Henry David Thoreau, *Walden*, reimpresión, Oxford University, Oxford, 1997, p. 10 [hay trad. cast.: *Walden*, Cátedra, Madrid, 2018].

38. Mary Austin, *The Land of Little Rain*, reimpresión, Dover, Minneola, 2015, p. 61.

39. Robert R. Miller, James D. Williams y Jack E. Williams, «Extinctions of North American Fishes During the Past Century», *Fisheries*, 14 (1989) pp. 22-38.

40. Edwin Philip Pister, «Species in a Bucket», *Natural History*, enero de 1993, p. 18.

41. C. Moon Reed, «Only You Can Save the Pahrump Poolfish», *Las Vegas Weekly*, 9 de marzo de 2017, en https://lasvegasweekly.com/news/2017/mar/09/pahrump-poolfish-lake-harriet-spring-mountain/.

42. J. R. McNeill, *Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century World*, Norton, Nueva York, 2000, p. 194.

* Verso del poema «The Bait» («El cebo»), del poeta inglés John Donne (1572-1631). (*N. del t.*)

[*] Edward Abbey (1927-1989) fue un ensayista y novelista norteamericano. El ensayo citado se ha comparado, por su influencia en el ecologismo, con *Walden*, de Henry David Thoreau, y *Sand Count Almanac*, de Aldo Leopold. (*N. del t*.)

43. Richard B. Aronson y William F. Precht, «White-Band Disease and the Changing Face of Caribbean Coral Reefs», *Hydrobiologia*, 460 (2001), pp. 25-38.

44. Alexandra Witze, «Corals Worldwide Hit by Bleaching» *Nature* (8 de octubre de 2015), nature.com/news/corals-worldwide-hit-bybleaching-1.18527.

45. Jacob Silverman *et al*., «Coral Reefs May Start Dissolving When Atmospheric CO_2 Double», *Geophysical Research Letters*, 36 (2009), agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2008GL036282.

46. O. Hoegh-Guldberg *et al.*, «Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification», *Science*, 318 (2007), pp. 1737-1742.

47. Charles Darwin, *The Voyage of the Beagle*, P. F. Collier, Nueva York, 1909, p. 406 [hay trad. cast.: *El viaje del Beagle*, Labor, 1984].

48. Darwin, *Charles Darwin's Beagle Diary*, edición de Richard Darwin Keynes, ed., Cambridge University, Cambridge, 1988, p. 418 [hay trad. cast.: *Diario del viaje de un naturalista alrededor del mundo*, Espasa, Barcelona, 2008].

49. Janet Browne, *Charles Darwin: Voyaging*, Knopf, Nueva York, 1995, p. 437 [hay trad. cast.: *Charles Darwin: El viaje*, Universitat de València, Valencia, 2008].

50. Darwin, *On the Origin of Species: A Facsimile of the First Edition*, Mass.: Harvard University, Cambridge, 1964, p. 84 [hay trad. cast. de la 6.ª edición inglesa: *El origen de las especies por medio de la selección natural*, Alianza, Madrid, 2013].

51. De un epitafio: «Epitaph for a Favourite Tumbler Who Died Aged Twelve», firmado Columba; el poema completo está disponible en darwins pigeons.com/#/victorian-pigeon-poems/4535732923.

52. Darwin escribió esto en una carta dirigida a su amigo Thomas Eyton, citada en Browne, *Charles Darwin*, pp. 20-21.

53. Darwin, *On the Origin of Species*, pp. 20-21.

54. *Ibid*., p. 109.

55. Bill McKibben, *The End of Nature*, Random House, Nueva York, 1989 [hay trad. cast.: *Fin de la naturaleza*, Ediciones B, Barcelona, 1990].

56. La cifra me la proporcionó Neal Cantin, un científico que entrevisté en el SeaSim, 15 de noviembre de 2019.

57. Robinson Meyer, «Since 2016, Half of All Coral in the Great Barrier Reef Has Died», *The Atlantic*, 18 de abril de 2018, en theatlantic.com/science/archive/2018/04/since-2016-half-the-coral-in-the-greatbarrier-reefhas-perished/558302/.

58. Terry P. Hughes *et al*., «Global Warming Transforms Coral Reef Assemblages», *Nature*, 556 (2018), pp. 492-496.

59. Mark D. Spalding, Corinna Ravilious y Edmund P. Green, *World Atlas of Coral Reefs*, University of California, Berkeley, 2001, p. 27.

60. Spalding, *World Atlas of Coral Reefs*, p. 27.

61. Laetitia Plaisance *et al*., «The Diversity of Coral Reefs: What Are We Missing?», *PLoS ONE*, 6 (2011), en journals.plos.org/plosone/arti cle?id=10.1371/journal.pone.0025026.

62. Nancy Knowlton, «The Future of Coral Reefs», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98 (2001), pp. 5419-5425.

63. Richard C. Murphy, *Coral Reefs: Cities under the Sea*, The Darwin Press, Princeton, 2002, p. 33.

64. Roger Bradbury, «A World Without Coral Reefs», *The New York Times*, 13 de julio de 2012, p. A17.

65. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Great Barrier Reef Outlook Report 2019, GBRMPA, Townsville, Aus., 2019, p. vi. El informe completo está disponible en http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/handle/11017/3474/.

66. «Adani Gets Final Environmental Approval for Carmichael Mine», *Australian Broadcasting Corporation News* (última actualización de 13 de junio de 2019), en https://www.abc.net.au/news/2019-06-13/adani-carmichael-coal-mine-approved-water-management-galilee/11203208.

67. Jeff Goodell, «The World’s Most Insane Energy Project Moves Ahead», *Rolling Stone*, 14 de junio de 2019, rollingstone.com/politics/politics-news/adani-mine-australia-climate-change-848315/.

68. Darwin, *On the Origin of Species*, p. 489.

69. Josiah Zayner, «How to Genetically Engineer a Human in Your Garage–Parte I», josiahzayner.com/2017/01/genetic-designer-part-i.html.

70. Jennifer A. Doudna y Samuel H. Sternberg, *A Crack in Creation: Gene Editing and the Unthinkable Power to Control Evolution*, Houghton Mifflin Harcourt, Boston, 2017, p. 119 [hay trad. cast.: *Una grieta en la creación: CRISPR, la edición génica y el increíble poder de controlar la evolución*, Alianza, Madrid, 2020].

71. Waring Trible *et al*., «*orco* Mutagenesis Causes Loss of Antennal Lobe Glomeruli and Impaired Social Behavior in Ants», *Cell*, 170 (2017), pp. 727-735.

72. Peiyuan Qiu *et al*., «BMAL1 Knockout Macaque Monkeys Display Reduced Sleep and Psychiatric Disorders», *National Science Review*, 6 (2019), pp. 87-100.

73. Seth L. Shipman *et al*., «CRISPR-Cas Encoding of a Digital Movie into the Genomes of a Population of Living Bacteria», *Nature*, 547 (2017), pp. 345-349.

74. Varios meses después de mi visita, el Laboratorio Australiano de Sanidad Animal fue rebautizado como Centro Australiano de Preparación frente a Enfermedades.

75. U.S. Fish and Wildlife Service, «Cane Toad (*Rhinella marina*) Ecological Risk Screening Summary», versión de la web (revisada el 5 de abril de 2018), https://www.fws.gov/fisheries/ans/erss/highrisk/ERSS-Rhinella-marina-final-April2018.pdf.

76. L. A. Somma, «*Rhinella marina* (Linnaeus, 1758)», U.S. Geological Survey, Non indigenous Aquatic Species Database (revisión del 11 de abril de 2019), https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=48.

77. Rick Shine, *Cane Toad Wars*, University of California, Oakland (2018), p. 7.

78. Byron S. Wilson *et al*., «Cane Toads a Threat to West Indian Wildlife: Mortality of Jamaican Boas Attributable to Toad Ingestion», *Biological Invasions*, 13 (2011), en https://link.springer.com/article/10.1007/s10530010-9787-7.

79. Shine, *Cane Toad Wars*, p. 21.

80. Benjamin L. Phillips *et al*., «Invasion and the Evolution of Speed in Toads», *Nature*, 439 (2006), p. 803.

81. Karen Michelmore, «Super Toad», *Northern Territory News*, 16 de febrero de 2006, p. 1.

82. Shine, *Cane Toad Wars*, p. 4. Véase también: «The Biological Effects, Including Lethal Toxic Ingestion, Caused by Cane Toads *(Bufo marinus)*: Advice to the Minister for the Environment and Heritage from the Threatened Species Scientific Committee (TSSC) on Amendments to the List of Key Threatening Processes under the Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999 (EPBC Act)», 12 de abril de 2005, en https://www.environment.gov.au/biodiversity/threatened/key-threatening-processes/biological-effects-cane-toads.

83. House of Representatives Standing Committee on the Environment and Energy, *Cane Toads on the March: Inquiry into Controlling the Spread of Cane Toads*, Commonwealth of Australia, Canberra, 2019, p. 32.

84. Robert Capon, «Inquiry into Controlling the Spread of Cane Toads, Submission 8» (febrero de 2019). Puede descargarse de: aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/House/Environment_and_Energy/Canetoads/Submissions.

85. Naomi Indigo *et al*., «Not Such Silly Sausages: Evidence Suggests Northern Quolls Exhibit Aversion to Toads after Training with Toad Sausages», *Austral Ecology*, 43 (2018), pp. 592-601.

86. Austin Burt y Robert Trivers, *Genes in Conflict: The Biology of Selfish Genetic Elements*, Belknap, Cambridge, 2006, pp. 4-5.

87. Burt y Trivers, *Genes in Conflict*, p. 3.

88. *Ibid*., pp. 13-14.

89. James E. DiCarlo *et al*., «Safeguarding CRISPR-Cas9 Gene Drives in Yeast», *Nature Biotechnology*, 33 (2015), pp. 1250-1255.

90. Valentino M. Gantz y Ethan Bier, «The Mutagenic Chain Reaction: A Method for Converting Heterozygous to Homozygous Mutations», *Science*, 348 (2015), pp. 442-444.

91. Doudna y Sternberg estiman que si las moscas del vinagre con el impulsor génico hubiesen escapado, podrían haber propagado el gen del color amarillo a entre una quinta parte y la mitad de todas las moscas del vinagre del mundo. *A crack in creation*, p. 151.

92. Página web de GBIRd, geneticbiocontrol.org.

93. Thomas A. A. Prowse, *et al*., «Dodging Silver Bullets: Good CRISPR Gene-Drive Design Is Critical for Eradicating Exotic Vertebrates», *Proceedings of the Royal Society B*, 284 (2017), en royalsocietypublishing. org/doi/10.1098/rspb.2017.0799.

94. Richard P. Duncan, Alison G. Boyer y Tim M. Blackburn, «Magnitude and Variation of Prehistoric Bird Extinctions in the Pacific», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (2013), pp. 6436-6441.

95. Elizabeth A. Bell, Brian D. Bell y Don V. Merton, «The Legacy of Big South Cape: Rat Irruption to Rat Eradication», *New Zealand Journal of Ecology*, 40 (2016), pp. 212-218.

96. Lee M. Silver, *Mouse Genetics: Concepts and Applications*, Oxford University, Oxford, 1995, adaptado para la web por Mouse Genome Informatics, The Jackson Laboratory (revisión de enero de 2008), http://informatics.jax.org/silver/.

97. Alex Bond, «Mice Wreak Havoc for South Atlantic Seabirds», *British Ornithologists' Union*, bou.org.uk/blog-bond-gough-island-mice seabirds/.

98. Rowan Jacobsen, «Deleting a Species», *Pacific Standard* (junio-julio de 2018, actualización de 7 de septiembre de 2018), psmag.com/magazine/deleting-a-species-genetically-engineering-an-extinction.

99. Jaye Sudweeks *et al*., «Locally Fixed Alleles: A Method to Localize Gene Drive to Island Populations», *Scientific Reports*, 9 (2019), doi. org/10.1038/s41598-01951994-0.

100. Bing Wu, Liqun Luo y Xiaojing J. Gao, «Cas9-Triggered Chain Ablation of Cas9 as Gene Drive Brake», *Nature Biotechnology*, 34 (2016), pp. 137-138.

101. Página web de Revive & Restore, reviverestore.org/projects/.

102. Dr. Seuss, *The Cat in the Hat Comes Back*, Beginner Books, Nueva York, 1958, p. 16 [hay trad. cast.: *El gato garabato*, Beascoa, Barcelona, 2015].

103. Edward O. Wilson, *The Future of Life*, Vintage, Nueva York, 2002, p. 53 [hay trad. cast.: *El futuro de la vida*, Galaxia Gutemberg, Barcelona, 2002].

104. Wilson, *Half-Earth: Our Planet's Fight for Life*, Liveright, Nueva York, 2016, p. 51.

105. Paul Kingsnorth, «Life Versus the Machine», *Orion* (invierno de 2018), pp. 28-33.

[*] La mulga es el nombre aborigen de un arbusto o arbolillo (*Acacia aneura*) común en el hábitat de esta serpiente. (*N. del t*.)

[*] Toad Hall es la mansión de Señor Sapo (*Mr. Toad*, en inglés), un personaje de la novela infantil clásica *El viento en los sauces* (1908), del escocés Kenneth Grahame. (*N. del t.*)

1. William F. Ruddiman, *Plows, Plagues, and Petroleum: How Humans Took Control of Climate*, Princeton University, Princeton, 2005, p. 4 [hay trad. cast.: *Los tres jinetes del cambio climático: una historia milenaria del hombre y el clima*, Turner, Madrid, 2008].

2. Los datos históricos de emisiones están extraídos de Hannah Ritchie y Max Roser, «CO_2 and Greenhouse Gas Emissions», *Our World in Data* (revisión de agosto de 2020), en ourworldindata.org/CO2-and-other-green house-gas-emissions.

3. Benjamin Cook, «Climate Change Is Already Making Droughts Worse», *CarbonBrief*, 14 de mayo de 2018, en https://www.carbonbrief.org/guest-post-climate-change-is-already-making-droughts-worse.

4. Kieran T. Bhatia *et al*., «Recent Increases in Tropical Cyclone Intensification Rates», *Nature Communications*, 10 (2019), en doi.org/10.1038/ s41467-019-08471-z.

5. W. Matt Jolly *et al*., «Climate-Induced Variations in Global Wildfire Danger from 1979 to 2013», *Nature Communications*, 6 (2015), en doi. org/10.1038/ncomms8537.

6. A. Shepherd *et al*., «Mass Balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017», *Nature*, 558 (2018), pp. 219-222.

7. Curt D. Storlazzi *et al*., «Most Atolls Will Be Uninhabitable by the Mid-21st Century Because of Sea-Level Rise Exacerbating Wave-Driven Flooding», *Science Advances*, 25 (2018), en advances.sciencemag.org/con tent/4/4/eaap9741.

8. El texto completo del Acuerdo de París en castellano está disponible en https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf.

9. Hay muchas maneras de calcular cuánto CO_2 se puede emitir todavía sin que el mundo sobrepase los límites de 1,5 °C o de 2 °C; aquí utilizo las cifras del «balance de carbono remanente» del Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, disponibles en mcc-berlin.net/en/research/CO2-budget.html.

10. K. S. Lackner y C. H. Wendt, «Exponential Growth of Large SelfReproducing Machine Systems», *Mathematical and Computer Modelling*, 21 (1995), pp. 55-81.

11. Wallace S. Broecker y Robert Kunzig, *Fixing Climate: What Past Climate Changes Reveal About the Current Threat—and How to Counter It*, Hill and Wang, Nueva York, 2008, p. 205.

12. Klaus S. Lackner y Christophe Jospe, «Climate Change is a Waste Management Problem», *Issues in Science and Technology*, 33 (2017), en issues.org/climate-change-is-a-waste-management-problem/.

13. K. S. Lackner y C. Jospe, «Climate Change is a Waste Management Problem», *Issues in Science and Technology*, 33, en https://issues.org/climate-change-waste-management-problem/.

14. Chris Mooney, Brady Dennis y John Muyskens, «Global Emissions Plunged an Unprecedented 17 Percent during the Coronavirus Pandemic», *The Washington Post* (19 de mayo de 2020), washingtonpost.com/climateenvironment/2020/05/19/greenhouse-emissions-coronavirus/?arc404=true.

15. Las moléculas individuales de CO_2 se intercambian constantemente entre la atmósfera y los océanos, y entre estos y la vegetación. Sin embargo, los niveles de CO_2 de la atmósfera están controlados por procesos mucho más lentos. Para una explicación más a fondo, véase Doug Mackie, «CO_2 Emissions Change Our Atmosphere for Centuries», *Skeptical Science* (actualización del 5 de julio de 2015), skepticalscience.com/argument.php?p=1&t=77&&a=80.

16. Todas las cifras de emisiones agregadas están extraídas de: Hannah Ritchie, «Who Has Contributed Most to Global CO_2 Emissions?», *Our World in Data*, 1 de octubre de 2019, en ourworldindata.org/contributedmost-global-CO2.

17. Sabine Fuss *et al*., «Betting on Negative Emissions», *Nature Climate Change*, 4 (2014), pp. 850-852.

18. J. Rogelj *et al*., «Mitigation Pathways Compatible with 1.5 °C in the Context of Sustainable Development», en *Global Warming of 1.5 °C: An IPCC Special Report*, V. Masson-Delmotte *et al*. (eds.), Intergovernmental Panel on Climate Change (18 de octubre de 2018), en ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf.

19. Calcular las emisiones producidas al viajar en avión es complicado, y distintos grupos dan estimaciones distintas para el mismo viaje. Yo utilizo la calculadora de emisiones de myclimate.org.

20. Jean-Francois Bastin *et al*., «The Global Tree Restoration Potential», *Science*, 364 (2019), pp. 76-79.

21. Katarina Zimmer, «Researchers Find Flaws in High-Profile Study on Trees and Climate», *The Scientist*, 17 de octubre de 2019, en the-scientist.com/news-opinion/researchers-find-flaws-in-high-profile-study-on-treesand-climate-66587. DOI: 10.1126/science.aay7976.

22. Joseph W. Veldman *et al*., «Comment on “The Global Tree Restoration Potential”», *Science*, 366 (2019), en science.sciencemag.org/content/ 366/6463/eaay7976.

23. Ning Zeng, «Carbon Sequestration Via Wood Burial», *Carbon Balance and Management*, 3 (2008), en doi.org/10.1186/1750-0680-3-1.

24. Stuart E. Strand y Gregory Benford, «Ocean Sequestration of Crop Residue Carbon: Recycling Fossil Fuel Carbon Back to Deep Sediments», *Environmental Science and Technology*, 43 (2009), pp. 1000-1007.

25. Zeng, «Carbon Sequestration Via Wood Burial».

26. Jessica Strefler *et al*., «Potential and Costs of Carbon Dioxide Removal by Enhanced Weathering of Rocks», *Environmental Research Letters*, 5 de marzo de 2018, en dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aaa9c4.

27. Olúfẹmi O. Táíwò, «Climate Colonialism and Large-Scale Land Acquisitions», C2G, 26 de septiembre de 2019, en c2g2.net/climate-colonialism-and-large-scale-land-acquisitions/.

* Un gigatonelada son mil millones de toneladas. (*N. del t.*)

[*] Paráfrasis de Mark Twain, que de este modo respondió al anuncio de su propia muerte en un periódico de la época. (*N. del t.*)

* Hay dos maneras de medir las cantidades de CO_2: contando el peso completo del dióxido de carbono o solo el peso del carbono. En este capítulo, tiendo a usar la primera medida, como hace Climeworks, pero muchas publicaciones científicas utilizan la segunda. He intentado distinguir entre las dos escribiendo «una tonelada de dióxido de carbono» para referirme al peso completo y «una tonelada de carbono» cuando uso la alternativa. Una tonelada de dióxido de carbono equivale aproximadamente a un cuarto de tonelada de carbono; así pues, las emisiones globales anuales se pueden expresar o bien como cuarenta gigatoneladas de CO_2, o bien como diez gigatoneladas de carbono.

28. Clive Oppenheimer, *Eruptions that Shook the World*, Cambridge University, Nueva York, 2011, p. 299.

29. Oppenheimer, *Eruptions that Shook the World*, p. 310.

30. El relato del rajá de Sanggar se refiere en Oppenheimer, *Eruptions that Shook the World*, p. 299.

31. El relato del capitán de este navío de la Compañía de las Indias Orientales aparece citado en Gillen D'Arcy Wood, *Tambora: The Eruption that Changed the World*, Princeton University, Princeton, 2014, p. 21.

32. South Dakota State University, «Undocumented Volcano Contributed to Extremely Cold Decade from 1810-1819», *ScienceDaily*, 7 de diciembre de 2009, en sciencedaily.com/releases/2009/12/091205105844.htm.

33. Citado en Oppenheimer, *Eruptions that Shook the World*, p. 314.

34. William K. Klingaman y Nicholas P. Klingaman, *The Year Without Summer: 1816 and the Volcano That Darkened the World and Changed History*, St. Martin's, Nueva York, 2013, p. 46.

35. Wood, *Tambora*, p. 233.

36. Citado en Klingaman y Klingaman, *The Year Without Summer*, p. 64.

37. *Ibid*., p. 104.

38. Citado en Oppenheimer, *Eruptions that Shook the World*, p. 312.

39. James Rodger Fleming, *Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control*, Columbia University, Nueva York (2010), p. 2.

40. Así la describe Tim Flannery, citado en Mark White, «The Crazy Climate Technofix», SBS, 7 de mayo de 2016, en sbs.com.au/topics/science/earth/feature/geoengineering-the-crazy-climate-technofix.

41. Holly Jean Buck, *After Geoengineering: Climate Tragedy, Repair, and Restoration*, Verso, Londres, 2019, p. 3.

42. Dave Levitan, «Geoengineering Is Inevitable», *Gizmodo*, 9 de octubre de 2018, en earther.gizmodo.com/geoengineering-is-inevitable-1829623031.

43. «Global Effects of Mount Pinatubo», *NASA Earth Observatory*, 15 de junio de 2001, en earthobservatory.nasa.gov/images/1510/global-effectsof-mount-pinatubo.

44. William B. Grant *et al.*, «Aerosol-Associated Changes in Tropical Stratospheric Ozone Following the Eruption of Mount Pinatubo», *Journal of Geophysical Research*, 99 (1994), pp. 8197-8211.

45. President's Science Advisory Committee, *Restoring the Quality of Our Environment: Report of the Environmental Pollution Panel*, The White House, Washington, D.C., 1965, p. 126.

46. *Restoring the Quality of Our Environment*, p. 123.

47. *Ibid*., p. 127.

48. H. E. Willoughby *et al*., «Project STORMFURY: A Scientific Chronicle 1962-1983», *Bulletin of the American Meteorological Society*, 66 (1985), pp. 505-514.

49. Fleming, *Fixing the Sky*, p. 180.

50. National Research Council, *Weather & Climate Modification: Problems and Progress*, The National Academies Press, Washington, D.C., 1973, p. 9.

51. Citado en Fleming, *Fixing the Sky*, p. 202.

52. Nikolai Rusin y Liya Flit, *Man Versus Climate*, *Dorian Rottenberg* (trad.), Peace Publishers, 1962), pp. 61-63.

53. Rusin y Flit, *Man Versus Climate*, p. 174.

54. David W. Keith, «Geoengineering the Climate: History and Prospect», *Annual Review of Energy and the Environment*, 25 (2000), pp. 245-284.

55. Mikhail Budyko, *Climatic Changes*, American Geophysical Union (trad.), Waverly, 1977, Baltimore, p. 241.

56. Budyko, *Climatic Changes*, p. 236.

57. Joe Nocera, «Chemo for the Planet», *The New York Times*, 9 de mayo de 2015, p. A25.

58. David Keith, Letter to the Editor, *The New York Times*, 27 de mayo de 2015, p. A22.

59. David Keith, *A Case for Climate Engineering*, MIT, Cambridge, Mass., 2013, p. xiii.

60. Wake Smith y Gernot Wagner, «Stratospheric Aerosol Injection Tactics and Costs in the First 15 Years of Deployment», *Environmental Research Letters*, 13 (2018), en doi.org/10.1088/1748-9326/aae98d.

61. Los subsidios globales a los combustibles fósiles se han estimado en 5,2 billones de dólares en 2017; véase David Coady *et al*., «Global Fossil Fuel Subsidies Remain Large: An Update Based on Country-Level Estimates», *IMF* (2 de mayo de 2019), https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/05/02/Global-Fossil-Fuel-Subsidies-Remain-Large-An-UpdateBased-on-Country-Level-Estimates-46509.

62. Smith y Wagner, «Stratospheric Aerosol Injection Tactics and Costs».

63. *Ibid*.

64. Ben Kravitz, Douglas G. MacMartin y Ken Caldeira, «Geoengineering: Whiter Skies?», *Geophysical Research Letters*, 39 (2012), en doi. org/10.1029/2012GL051652.

65. Alan Robock, «Benefits and Risks of Stratospheric Solar Radiation Management for Climate Intervention (Geoengineering)», *The Bridge* (primavera de 2020), pp. 59-67.

66. Dan Schrag, «Geobiology of the Anthropocene», *Fundamentals of Geobiology*, Andrew H. Knoll, Donald E. Canfield y Kurt O. Konhauser (eds.), Blackwell Publishing, Oxford, 2012, p. 434.

67. Citado en Erik D. Weiss, «Cold War Under the Ice: The Army's Bid for a Long-Range Nuclear Role, 1959-1963», *Journal of Cold War Studies*, 3 (2001), pp. 31-58.

68. *The Story of Camp Century: The City Under Ice* (película del ejército de EE.UU, versión digitalizada, 2012).

69. Ronald E. Doel, Kristine C. Harper y Matthias Heymann, «Exploring Greenland's Secrets: Science, Technology, Diplomacy, and Cold War Planning in Global Contexts», en *Exploring Greenland: Cold War Science and Technology on Ice*, Ronald E. Doel, Kristine C. Harper y Matthias Heymann (eds.) Palgrave, Palgrave, 2016, p. 16.

70. Kristian H. Nielsen, Henry Nielsen y Janet Martin-Nielsen, «City Under the Ice: The Closed World of Camp Century in Cold War Culture», *Science as Culture*, 23 (2014), pp. 443-464.

71. Willi Dansgaard, *Frozen Annals: Greenland Ice Cap Research*, Narayana Press, Odder, Dinamarca, 2004, p. 49.

72. Jon Gertner, *The Ice at the End of the World: An Epic Journey Into Greenland's Buried Past and Our Perilous Future*, Random House, Nueva York, 2019, p. 202.

73. Dansgaard, *Frozen Annals*, p. 55.

74. W. Dansgaard *et al*., «One Thousand Centuries of Climatic Record from Camp Century on the Greenland Ice Sheet», *Science*, 166 (1969), pp. 377-380.

75. Richard B. Alley, *The Two-Mile Time Machine: Ice Cores, Abrupt Climate Change, and Our Future*, Princeton University, Princeton, 2000, p. 120.

76. Alley, *The Two-Mile Time Machine*, p. 114.

77. Estas cifras me las proporcionó Konrad Steffen, que trágicamente falleció en un accidente en la capa de hielo cuando este libro estaba a punto de ir a la imprenta. Se encuentran citadas en Gertner, «In Greenland's Melting Ice, A Warning on Hard Climate Choices», *e360*, 27 de junio de 2019, en e360.yale.edu/features/in-greenlands-melting-ice-a-warning-on-hardclimate-choices.

78. A. Shepherd *et al*., «Mass Balance of the Greenland Ice Sheet from 1992 to 2018», *Nature*, 579 (2020), pp. 233-239.

79. Marco Tedesco y Xavier Fettweis, «Unprecedented Atmospheric Conditions (1948-2019) Drive the 2019 Exceptional Melting Season over the Greenland Ice Sheet», *The Cryosphere*, 14 (2020), pp. 1209-1223.

80. Ingo Sasgen *et al*., «Return to Rapid Ice Loss in Greenland and Record Loss in 2019 Detected by GRACE-FO Satellites», *Communications Earth & Environment*, 1 (2020), en doi.org/10.1038/s43247-020-0010-1.

81. Eystein Jansen *et al*., «Past Perspectives on the Present Era of Abrupt Arctic Climate Change», *Nature Climate Change*, 10 (2020), pp. 714-721.

82. Peter Dockrill, «U.S. Army Weighs Up Proposal For Gigantic Sea Wall to Defend N.Y. from Future Floods», *ScienceAlert*, 20 de enero de 2020, en sciencealert.com/storm-brewing-over-giant-6-mile-sea-wall-todefend-new-york-from-future-floods.

83. John C. Moore *et al*., «Geoengineer Polar Glaciers to Slow SeaLevel Rise», *Nature*, 555 (2018), pp. 303-305.

84. Andy Parker aparece citado en Brian Kahn, «No, We Shouldn’t Just Block Out the Sun», *Gizmodo*, 24 de abril de 2020, en earther.gizmodo.com/no-we-shouldnt-just-block-out-the-sun-1843043812. He restaurado el expresivo improperio.

* Más conocida en Europa como glaciación de Würm. (*N. del t.*)

[*] En carta a Leonard Horner de 29 de agosto de 1844, Darwin confiesa: «Siempre he sentido que mis libros han salido a medias del cerebro de Lyell, y que nunca se lo he agradecido lo bastante, ni sabría cómo hacerlo, si no es justamente con estas palabras». (*N. del t.*)

Bajo un cielo blanco. Cómo los humanos estamos creando la naturaleza del futuro
Elizabeth Kolbert

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.
Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

Título original: *Under a White Sky. The Nature of the Future*

© Elizabeth Kolbert, 2021
Publicado por acuerdo con The Robbins Office, Inc. y Aitken Alexander Associates Ltd.

© de la traducción, Joan Lluís Riera, 2021

© del diseño de la cubierta, Planeta Arte & Diseño
© de la fotografía de la cubierta, Fanjianhua / Getty Images

Mapas y gráficos: © MGMT. Design, 2021

© Editorial Planeta, S. A., 2021
Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)
Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.
www.ed-critica.es
www.planetadelibros.com

Primera edición en libro electrónico (epub): junio 2021

ISBN: 978-84-9199-324-7 (epub)

Conversión a libro electrónico: Newcomlab, S. L. L.
www.newcomlab.com